



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM AGRONOMIA

TARCÍSIO GOMES RODRIGUES

**INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO E
CONVENCIONAL NA SAVANA DE RORAIMA**

BOA VISTA - RR

2013

TARCISIO GOMES RODRIGUES

**INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO E
CONVENCIONAL NA SAVANA DE RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Roraima, área de concentração Produção Vegetal, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo

BOA VISTA - RR

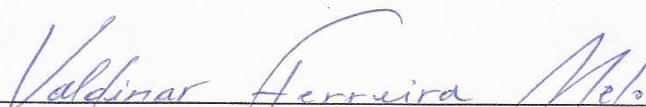
2013

TARCÍSIO GOMES RODRIGUES

Indicadores da qualidade do solo em plantio direto e plantio convencional na savana de Roraima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

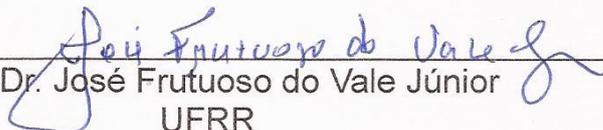
Aprovado: 02 de maio de 2013.



Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo
Orientador- UFRR



Pesquisador Dr. Oscar José Smiderle
Embrapa Roraima



Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior
UFRR



Pesquisador Dr. Edmilson Evangelista da Silva
Embrapa Roraima

A todas as pessoas de boa vontade, que lutam, que sofrem e que acreditam em uma pátria justa e fraterna onde todos possam um dia viver com dignidade, igualdade, liberdade e segurança.
Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e pela força e coragem de lutar.

Agradeço ao professor e Orientador Dr. Valdinar Ferreira Melo, por ter aceitado a missão de me orientar neste trabalho e pela confiança a mim depositada.

Aos meus pais Quim Rodrigues e Maria Teresa que já partiram para uma outra dimensão mas que foram para todos da minha família exemplo de sabedoria, de bom caráter, de luta e superação, meu orgulho, minha razão e motivo de viver, hoje acredito que estão olhando e torcendo por mim.

À minha família, meus irmãos, sobrinhos e especialmente minha esposa Mônica e meus filhos Guilherme e Priscila que sempre são inspiração para minha caminhada.

Agradeço a UFRR e em especial aos professores do Centro de Ciências Agrárias e aos professores do programa de pós-graduação em agronomia pela contribuição no meu crescimento pessoal e profissional.

Ao CNPq pela concessão de bolsa parcial, mas que foi de extrema importância na finalização dos trabalhos.

Ao Instituto Federal de Educação de Roraima pela liberação incondicional para essa capacitação.

A Semirames, do laboratório NUPAGRI do centro de ciências agrárias da UFRR pela boa vontade e disposição em me ajudar.

Agradeço aos servidores terceirizados que nunca se recusaram me auxiliar nos trabalhos de campo quando solicitados.

Ao meu filho Guilherme e ao amigo Ricardo Bardales pelo auxílio e pela disponibilidade em auxiliar nos meus trabalhos.

Aos colegas do curso pela amizade e força.

Aos amigos do IFRR por ter compreendido os motivos da minha ausência durante este período de afastamento.

Em especial a professora Roseli Vieira, aos professores Romildo Nicolau, Josimar Chaves, Eliezer, Djair Alves, todos do IFRR, pela consideração e respeito.

Que Deus possa estar junto de todos que contribuíram para a realização deste trabalho e com certeza, torcem eternamente pelo meu sucesso.

BIOGRAFIA

TARCÍSIO GOMES RODRIGUES, filho de Joaquim Antônio e Maria Teresa Silveira, nasceu em 22 de agosto de 1959, na zona rural do município de Marliéria, Minas Gerais. Concluiu o curso técnico em mecânica no Colégio Kennedy, município de João Monlevade-MG em 1982. Mudou para o Estado de Roraima em 1987 atuando no comércio até 1997, quando prestou vestibular para o curso de Agronomia na UFRR, concluindo a graduação em 2002. Tem especialização Recursos Naturais pela Universidade Federal de Roraima- UFRR, em piscicultura pela Universidade Federal de Lavras- UFLA e docência no ensino Profissional e Tecnológico. Desde 2007 é professor do curso de Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Educação de Roraima.

.

RODRIGUES, Tarcisio Gomes. **INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NA SAVANA DE RORAIMA**. Boa Vista, 2013p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Roraima.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi avaliar os efeitos de dois tipos de manejo do solo e rotação de culturas na qualidade física e química de um Latossolo amarelo distrófico na savana de Roraima. O experimento seguiu um delineamento bloco casualizado com quatro repetições, dois tipos de manejo do solo, (plantio convencional-PC e plantio direto -PD), quatro tratamentos representado por quatro rotações de cultura, e uma área adjacente como referência. As amostras de solo foram coletadas em quatro diferentes profundidades: de 0,0 a 5 cm; 5 a 10 cm e nos intervalos de 10 a 20 cm e 20 a 40 cm. Os tratamentos representados pelas rotações de cultura foram assim descritos: SMCM Soja → milho → (feijão + milho) → milho → soja; SQCMH Soja → Quicuío → (feijão + milho) → milheto → soja; SBMM Soja → braquiária → milho → milho → soja; SBCM Soja → braquiária → (feijão + milho) → milho → soja. Foram coletadas três amostras simples de solo em cada repetição e formou-se uma amostra composta de cada camada. No momento de coletas das amostras foi determinada a umidade do solo em campo. A resistência à penetração foi verificada a partir da superfície 0,0 até a profundidade de 40 cm com intervalo de 5 cm totalizando nove leituras em cada local de medição. Empregou-se a análise multivariada por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) e verificou-se através do contraste entre a savana não cultivada e a área sob PC e PD que houve mudanças significativas nos atributos do solo nas camadas 0-5 e 5-10 cm provocadas pelos diferentes manejos em comparação à savana não cultivada. Realizou a análise de variância utilizando-se o Software Sisvar e constatou que F foi significativo para manejo, rotação de culturas e camadas. Realizou o teste de Tukey para testar as médias e de acordo com os resultados para algumas variáveis analisadas houve interação significativa entre os fatores rotação de culturas e manejo e camadas para as variáveis físicas e químicas. O plantio convencional, plantio direto e a rotação de culturas proporcionaram mudanças significativas nos atributos físicos e químicos do solo podendo concluir que o plantio direto, por manter ou melhorar a fertilidade do solo e por reduzir a necessidade do uso de máquinas, contribui com um menor custo na condução de culturas com menor impacto ambiental pode ser uma alternativa viável para exploração das savanas de Roraima.

Palavras-chave: Manejo do solo. Fertilidade do solo. Matéria orgânica.

RODRIGUES, Tarcisio Gomes. **Soil quality in systems with conventional tillage and crop rotation in a dystrophic yellow latosol in the savanna of Roraima.** Boa Vista, 2013p. Dissertation (Master's degree in Agronomy) – Federal University of Roraima.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of two kinds of soil management and crop rotation on physical and chemical quality of a dystrophic yellow Latosol in the savannah of Roraima. The experiment was a randomized block with four replications, two kinds of soil tillage, conventional tillage (PC) and no tillage (PD), four treatments represented by four crop rotations, and an adjacent reference. Soil samples were collected at four different depths: 0.0 to 5 cm; 5 to 10 cm and in intervals of 10 to 20 cm and 20 to 40 cm. The treatments represented by the crop rotations were described as follows: SMCM - Soybean, corn, bean + corn, corn, soybeans; SQCMH - soybean, quicúio grass, bean + corn, millet, soybean; SBMM - Soybean, brachiaria, corn, soybean; SBCM – soybean, brachiaria, bean + corn, corn, soybean. Three samples were collected on each single soil repetition and formed a composite sample of each layer. At the moment of collection of the samples was determined soil moisture in the field. The penetration resistance was verified from the surface to a depth of 0.0 to 40 cm in a range of 5 cm, totaling nine lectures at each measurement location. It was used multivariate analysis by Principal Component Analysis (PCA) and verified by the contrast between the savannah and uncultivated area under PC and PD that there were significant changes in soil properties in layers 0-5 and 5 - 10 cm caused by different management compared to uncultivated savanna. Analysis of variance was performed using the software Sisvar and it was found that F was significant for handling, crop rotation and layers. Was carried out the Tukey test for the averages and according to the results, it showed a significant interaction between the factors and crop rotation and management layers to the physical and chemical variables. According to the results of conservation tillage and crop rotation is a viable alternative for exploring the Savannah area of Roraima.

Key-words: Soil management. soil fertility. organic matter.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Mapa do Brasil com destaque do Estado de Roraima e a cidade de Boa Vista, local da pesquisa.....	47
FIGURA 2	Esquema de distribuição aleatória dos tratamentos.....	49
FIGURA 3	Preparo da área com incorporação dos resíduos vegetais no plantio convencional e roçagem do material em plantio direto.....	50
FIGURA 4	Retirada de amostra indeformadas de solo.....	
FIGURA 5	Resistência a penetração em plantio convencional e plantio direto comparado com a savana não cultivada.....	78
FIGURA 6	Distribuição das variáveis originais dos atributos físicos e químicos dos dois sistemas de manejo e savana não cultivada sobre os componentes principais (CP1 e CP2).....	82

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Resumo da análise de variância de CO, P, pH, K, Ca, Mg e N em quatro camadas do solo sob plantio convencional e plantio direto com rotação de culturas e savana não cultivada, na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.....	56
TABELA 2	Valores das médias gerais de CO em quatro camadas no PC, PD e Savana.....	57
TABELA 3	Valores das médias gerais de N em quatro camadas no PC, PD e Savana.....	59
TABELA 4	Tabela 4- Valores das médias gerais de P em quatro camadas no PC, PD e Savana.....	60
TABELA 5	Valores das médias gerais de K em quatro profundidades no PC, PD e Savana.	63
TABELA 6	Valores das médias gerais de Ca e Mg em quatro camadas no PC, PD e Savana.....	64
TABELA 7	Valores das médias gerais de pH, em quatro camadas no PC, PD e Savana.....	65
TABELA 8	Resumo da análise de variância de CTC, V, SB, Al, m, H+ Al em função de diferentes tratamentos, savana não cultivada e camadas em Latossolo amarelo na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.....	66
TABELA 9	Valores das médias de V, SB e CTC em função de diferente tratamentos e camadas em Latossolo amarelo na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.....	68
TABELA 10	Valores das médias de Al, H+ AL, m em função de diferente tratamentos e camadas em Latossolo amarelo na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.....	70
TABELA 11	Resumo da análise de variância de Densidade, DMP, DMG em função de diferentes tratamentos e camadas, na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.....	71
TABELA 12	Média de valores de densidade do solo em diferentes tratamentos e camadas na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.....	72
TABELA 13	Média de valores de DMP e DMG em diferentes tratamentos e camadas na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.....	73
TABELA 14	Resumo da análise de variância de percentual de agregados por classe em função de diferente sistema de manejo, rotação de culturas e camada em Latossolo amarelo na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.....	75

TABELA 15	Estabilidade de agregados estáveis em água por classe em diferentes tratamentos e camadas e diâmetros de peneiras.....	77
TABELA 16	Percentual de umidade em diferentes tratamentos e camadas.....	79
TABELA 17	Valores próprios e proporção da variância, dos atributos físicos e químicos dos sistemas, explicada mediante análises de componentes principais.....	80
TABELA 18	Matriz de correlações das variáveis originais próprias e dos componentes principais dos atributos físicos e químicos dos solos sob os sistemas de plantio direto, convencional e vegetação natural de savana.....	81

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3.	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1.	Agricultura em Roraima.....	16
3.2.	Qualidade do solo.....	17
3.3.	Plantas de cobertura.....	19
3.4.	Plantio direto.....	21
3.5.	Atributos físicos e químicos do solo.....	25
3.6.	Estrutura do solo.....	28
3.7.	Matéria orgânica.....	43
4.	MATERIAL E MÉTODOS	47
4.1.	Local da pesquisa.....	47
4.2.	Caracterização da área de estudo.....	47
4.3.	Histórico da área.....	48
4.4.	Coleta e preparo das amostras.....	50
4.5.	Análises químicas.....	51
4.6.	Análises físicas.....	51
4.6.1.	Densidade do solo.....	52
4.6.2.	Resistência a penetração.....	53
4.6.3	Análise de agregados.....	53
4.6.4	Porcentagem de agregados estáveis por classe.....	54
4.7	Análises estatísticas.....	55
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1.	Análise de variância.....	56
5.2.	Carbono orgânico e nitrogênio.....	56
5.3.	Fósforo e potássio.....	60
5.4.	Cálcio, Magnésio e pH.....	64
5.5.	Saturação por bases, soma de bases, capacidade de troca de cátions, alumínio, saturação por alumínio e acidez potencial.....	66
5.6.	Atributos físicos.....	71
5.6.1.	Densidade.....	71
5.6.2.	Diâmetro médio ponderado DMP e diâmetro médio geométrico DMG	72
5.6.3.	Estabilidade de agregados e Percentual de agregados por classe.....	75
5.6.4.	Resistência a penetração.....	77
5.7.	Análise de componentes principais.....	79
6.	CONCLUSÕES	84
	REFERÊNCIAS	85
	GLOSSÁRIO	104

1. INTRODUÇÃO

A agricultura encontra-se num dilema que é produzir biomassa, alimentos e fibras dentro de padrões de qualidade e em quantidade que possa atender à crescente demanda do mercado, obedecendo aos parâmetros que balizam a sustentabilidade.

Neste contexto, é urgente obter respostas para alguns questionamentos relacionados a como produzir e preservar, de tal modo que possa atender às diferentes pressões e exigências do mercado, mantendo ou melhorando simultaneamente qualidade ambiental.

Nas últimas décadas, o Brasil obteve avanço significativo na produção de alimentos de origem animal e vegetal com abertura de novas fronteiras agrícolas, o que coloca o país numa posição de destaque no cenário mundial. Porém o uso dos recursos naturais de forma indiscriminada pela agricultura convencional tem levado muitas áreas e ecossistemas a um processo de degradação, resultando em diversos tipos de problemas ambientais, sociais e econômicos, com um alto preço para toda sociedade (EMBRAPA, 2003).

O desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis só será possível a partir do momento em que se possa compreender a dinâmica do sistema solo-água-planta e assim possibilitar a quantificação das alterações provocadas por um determinado tipo de manejo (SPERA et al., 2009).

De acordo com Machado (2001), a exploração irracional do recurso natural “solo”, formado ao longo de milhares de anos, pode degradá-lo de maneira irreversível em curto espaço de tempo, necessitando, portanto, de ações que evitem os impactos negativos não só no meio rural, mas também no urbano, com reflexos em toda sociedade.

Métodos tradicionais de agricultura, quando não utilizados com critérios racionais, ocasionam danos significativos ao recurso solo, danos como: perda da qualidade estrutural, diminuição da matéria orgânica, erosão, compactação em outros recursos naturais como água, flora, fauna atingindo toda sociedade (LISBOA et al., 2012). A prática frequente de revolvimento do solo, o cultivo intensivo aliado à falta de cobertura deixa o solo exposto à incidência dos raios solares, provocando mudanças na temperatura, na dinâmica da água pelos processos de evaporação,

processos de erosão hídrica e eólica, a matéria orgânica e diretamente a atividade biológica (GLIESSMAN, 2005; CARVALHO et al., 2010).

As técnicas adotadas na agricultura convencional, que na sua maioria tem por objetivo principal maximizar a produção e o lucro, fundamentados na exploração máxima do recurso solo, precisam ser reavaliadas quanto a sua sustentabilidade, por meio de diagnósticos do recurso natural solo, quanto a suas potencialidades e vulnerabilidades e posteriormente desenvolver tecnologias de manejo mais adequadas de exploração e produção (TAVARES; SIQUEIRA; SILVA, 2008). Neste sentido, o desafio é estudar e encontrar alternativas de manejo que possam satisfazer as necessidades das gerações atuais e futuras obedecendo aos preceitos básicos que norteiam a sustentabilidade.

O solo submetido ao cultivo intensivo, com adição e incorporação de resíduos culturais torna-se mais susceptível à erosão e também provocam a redução nos teores de matéria orgânica pela oxidação do carbono orgânico (WENDLING et al., 2005).

Em sistemas sem revolvimento do solo e com cobertura constante podem ocorrer maiores adições de material orgânico, incremento de carbono, da CTC e aumento na disponibilidade de nutrientes, favorecendo os mecanismos biológicos envolvidos na estabilização dos agregados do solo (CAMPOS et al., 1999), o que beneficia as espécies cultivadas em função da alteração na dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta e nos fluxos de gases e água.

Segundo Santana e Bahia Filho (2002), dois diferentes enfoques têm sido propostos para se estabelecer critérios de referência nas alterações do solo, que são: o solo sob vegetação natural, por representar as condições ecológicas de estabilidade do ambiente, e solo sob sistemas produtivos, que maximizam a produção e o conserva, mantendo-o produtivo ao longo dos tempos. Acrescenta-se ainda neste contexto o componente que seria as condições em que o solo se encontra quando submetido a processo de degradação. Segundo Cogo, (2003), um sistema de manejo do solo somente poderá ser considerado sustentável se ele mantiver ou melhorar a qualidade do solo e se ele não comprometer a qualidade ambiental além de um nível que seja aceitável pela sociedade.

Neste contexto, o sistema de plantio direto (SPD), prática conservacionista de manejo do solo com revolvimento mínimo, é visto como uma importante alternativa

de manejo (STEINER et al., 2011) por promover melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos, tripé da qualidade do solo (LISBOA et al., 2012). O SPD tem demonstrado que em ambientes sensíveis como o amazônico, poderá ser uma alternativa promissora para exploração sustentável de seus recursos naturais pela agricultura (EMBRAPA, 2009).

Com o propósito de conhecer a influência do sistema de manejo do solo e da rotação de culturas nos atributos químicos e físicos do solo em ambiente de savana de Roraima, propôs-se este estudo, cujos resultados poderão contribuir para adequação alternativas de manejo do solo da savana de Roraima.

2.2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar os efeitos dos sistemas de manejo nos atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo distrocoeso submetido ao plantio direto e convencional com rotação de culturas na savana de Roraima.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a influência do sistema produtivos sobre a dinâmica de nutrientes no solo.
- Avaliar a dinâmica de K, Ca, Mg, P, N e a CTC em função do tipo de manejo do solo;
- Avaliar a influência dos tipos de manejo nos teores de carbono orgânico do solo;
- Avaliar a influência dos sistemas de manejo sobre os atributos físicos do solo, densidade do solo, resistência à penetração e estabilidade de agregados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Agricultura em Roraima

Roraima, por estar localizado quase na sua totalidade no hemisfério norte, apresenta vantagens quando se compara com outros estados da federação, no que se refere à produção agropecuária, podendo produzir em duas épocas distintas, com possibilidades de atender aos mercados do Amazonas e dos demais Estados da região norte, bem como os mercados Europeus, da América do Norte e do Caribe, e assim gerar empregos de forma direta e indireta, proporcionando sustentabilidade econômica, social e ambiental (SMIDERLE; GIANLUPPI; VILARINHO, 2008).

A savana existente no estado de Roraima compreende cerca de 4 milhões de hectares, com uma área de aproximadamente 1,2 milhões de hectares disponível e com grande potencial para produção de grãos. De acordo com Vale Júnior (2000) e Oliveira Júnior, Costa e Mourão Júnior (2005), as terras das savanas do estado de Roraima sempre foram exploradas de forma intensa pela pecuária extensiva e agricultura de subsistência, sendo que apenas 10% da área eram de pastagens plantadas.

As lavouras eram pouco expressivas, com destaque apenas à cultura do arroz irrigado que apresentou uma expansão significativa da área a partir de 1980 (OLIVEIRA JÚNIOR; COSTA; MOURÃO JÚNIOR, 2005) e atualmente, têm sido explorados com outras culturas além do arroz, como a soja, feijão, milho, hortaliças em geral e plantio de *Acacia mangium* para produção de madeira para exportação (BARROS et al., 2009).

Os processos de ocupação e exploração pelos quais estão sendo submetidos os solos de Roraima com mudanças na cobertura natural refletem de forma direta e indireta nas propriedades químicas, físicas e biológicas, causando perturbação no equilíbrio dinâmico dos ecossistemas savânicos do norte da Amazônia (VALE JÚNIOR, 2000; BENEDETTI et al.;2011).

A pressão por mais produtos advindos da atividade agropecuária e adoção de práticas agrícolas de derruba e queima e a demanda crescente por novas áreas tornam os recursos naturais de Roraima mais susceptíveis à degradação, colocando em risco a sustentabilidade das atividades (MELO et al., 2006).

Entretanto, mesmo apresentando um potencial promissor no setor primário, vários entraves dificultam o avanço da agricultura de grãos no Estado, desde questões edafoclimáticas como também questões jurídicas entre elas a falta de titulação das terras, questões indígenas e outras (SMIDERLE; GIANLUPPI; VILARINHO, 2008). Esta realidade é evidenciada quando se verifica os dados de área cultivada com soja que em 2005 era de 14.000 ha, e os dados de 2011 (IBGE, 2012), onde a área plantada foi reduzida para 3.600 ha.

No que tange o setor de produção de grãos, além da criação de infraestrutura básica, capaz de dar suporte a este setor, é urgente o desenvolvimento de tecnologias que possam apontar caminhos para o desenvolvimento da agricultura de forma promissora (MELO; GIANLUPPI; UCHÔA, 2004).

Quanto à fertilidade, estes solos são extremamente pobres, apresentam elevada acidez e saturação por alumínio, baixa quantidade de carbono orgânico, inferiores a 1%, e em alguns casos abaixo de 0,5% (MELO; GIANLUPPI; UCHOA, 2004) e baixa capacidade de troca de cátions (UCHÔA et al., 2009) demandando adições constantes de nutrientes via fertilizantes.

É fundamental ter o conhecimento desses solos quanto as suas limitações e potencialidades, pois a exploração sem conhecimento prévio de suas características físicas e químicas, fatores que determinam a forma de aplicação e a magnitude das doses de fertilizantes podem acarretar desbalanço dos nutrientes, perdas por lixiviação, volatilização ou fixação (UCHÔA et al., 2009).

Especificamente para o macronutriente potássio pode haver, ainda, efeito salino, perdas por lixiviação, desbalanço na relação K:Ca:Mg e o deslocamento do alumínio para a solução do solo, com efeito fitotóxico (BRAGA; YAMADA, 1985).

3.2. Qualidade do solo

O tema qualidade do solo e a discussão sobre o mesmo se intensificaram na década de 90 a partir da conscientização de cientistas sobre o processo de degradação dos recursos naturais e a sustentabilidade agrícola sendo que Lal e Perce em 1991 foram os primeiros a alertar sobre os problemas de manejo do solo e a sustentabilidade na agricultura (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

A definição de qualidade do solo é dada de diferentes maneiras por diferentes autores, não existindo, portanto um consenso definitivo ou padrões conceituais, nem regulamentações para aferir sua qualidade. Porém é consenso entre todos, que o conceito de qualidade do solo deve ter como referência às funções que o mesmo desempenha nos ecossistemas naturais ou agroecossistemas de forma sustentável (CASALINO et al., 2007).

Pelo fato de necessitar de um número razoável de variáveis, o conceito de qualidade do solo não tem parâmetros definidos, não pode ser mensurada diretamente, mas pode ser estimada a partir de indicadores com base em parâmetros físicos, químicos e biológicos ou de acordo com a capacidade do solo em atender as necessidades das plantas, proporcionar uma adequada atividade biológica, favorecer adequada estabilidade de agregados, resistir a erosão e condições de retenção de água para as plantas, entre outros (LOPES et al., 2007; CASALINO et al., 2007).

Mesmo havendo diversos estudos objetivando estabelecer um índice para qualidade do solo (IQS), cujo mais recente o índice "S", proposto por Van Genuchten em 1980 (MAIA, 2011), usado como ferramenta da avaliação do seu estado de conservação solo, ainda não há um consenso entre os estudiosos quanto ao índice mais adequado que deve ser adotado.

Porém, existe um consenso de que nas avaliações o solo não deve ser visto e analisado de forma isolada e sim como um sistema integrado, harmônico e sua qualidade só poderá ser alcançada quando houver uma integração e equilíbrio entre os elementos que o compõe, planta e a biota edáfica dentro de uma condição física satisfatória na presença de matéria orgânica (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

O incremento de matéria orgânica é um dos requisitos básicos para melhorar a qualidade do solo, uma vez que a sua presença contribui na diminuição da densidade, melhoria da estrutura e no aumento da macroporosidade, influenciando positivamente na aeração, no armazenamento e movimentação da água no solo (VASCONCELOS et al., 2010).

A melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo guardam uma relação direta com o conteúdo e qualidade da matéria orgânica nele presente, e a mesma é influenciada pelo tipo de manejo adotado (GLESSMAN, 2005; CASTRO FILHO; MUZILLI; PODANOSCHI, 1998).

3.3. Plantas de cobertura

Uma produção agrícola sustentável prima-se pela rotação de culturas, cobertura do solo, aumento da matéria orgânica e adubação verde, métodos que promovem o aumento da atividade biológica com reflexos no aumento da fertilidade do solo e na produtividade (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003).

A cobertura permanente do solo proporciona maiores adições de material orgânico, resultando no incremento nos teores de carbono e na CTC, o que resulta no aumento da disponibilidade de nutrientes (BURLE, 1995), além de contribuir para melhoria das características físicas, como aumento da porosidade total, maior aeração e maior atividade biológica (CAMPOS et al., 1999), beneficiando as espécies cultivadas (SILVA et al., 2006; BASSO; REINERT, 1998; BELLOTE; DEDECEK, 2006).

Segundo Leal et al. (2008), os resíduos vegetais de espécies gramíneas geralmente apresentam uma elevada relação C/N e devido seu alto teor de lignina resulta em substâncias húmicas mais resistentes e devido ao seu lento processo de decomposição persistem por maior tempo na superfície do solo. Ao avaliarem o sistema de plantio direto em ambiente de cerrado, os pesquisadores citados utilizaram de duas espécies de gramíneas, capim-pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para cobertura do solo antecedendo a cultura da soja. Foi verificado que os teores de P foram influenciados pela cultura de cobertura e constataram que o sorgo proporcionou maiores teores de fósforo na camada de 0,05 a 0,10 m e o capim-pé-de-galinha apresentou teores mais elevados na camada de 0,10 m a 0,20 m.

Um dos fatores relacionados à cobertura do solo é encontrar espécies de plantas que se adaptem às condições edafoclimáticas de uma determinada região.

De acordo com Smiderle, Gianluppi e Medeiros (2007), o milheto é a espécie mais utilizada em Roraima para produção de fitomassa, mas espécies como as braquiárias tem um grande potencial devido à possibilidade de integrar lavoura e pecuária numa mesma área. Ressalta-se que pesquisas sobre plantio direto; no que se refere aos tipos de plantas, sistemas de culturas bem como suas influências nos

atributos do solo; devem ser embasadas em trabalhos de longa duração (GONÇALVES; CERETA, 1999).

Segundo Miyazawa, Pavan e Franchini (2002), ao pesquisarem as espécies aveia, centeio, mucuna e leucena concluíram que as espécies tiveram atuações diferentes no pH e na mobilidade da Ca e do Mg no solo, verificaram aumentos nos teores de K, e houve lixiviação do Ca e Mg pela formação de complexos orgânicos hidrossolúveis a partir dos resíduos vegetais.

Costa et al. (2008), ao pesquisar diferentes métodos de preparo do solo e diferentes sistemas de culturas verificaram efeito diferenciado no estoque do carbono orgânico do solo e que o plantio convencional proporcionou o menor aporte de carbono orgânico no solo em relação ao plantio direto e que as culturas de milho e ervilha atuaram como dreno do carbono da atmosfera.

Nicolosso et al. (2008), estudando os efeitos do pisoteio de animais na pastagem e a contribuição das culturas no aporte de carbono orgânico total (COT) em sistema de integração lavoura-pecuária, verificaram que as diferentes culturas produziram quantidades diferentes de resíduos, com efeitos diferentes na adição de C ao solo, sendo que a soja proporcionou um aporte em torno de $2,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ e o milho $6,6 \text{ Mg ha}^{-1}$, e o aumento da frequência de pastejo diminuiu o aporte de C oriundo das pastagens de inverno de $5,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ para valores entre $1,7$ e $1,3 \text{ Mg ha}^{-1}$. Segundo os autores, o milho configurou-se na cultura de maior adição de C ao solo e a integração lavoura-pecuária tem potencial para ser um dreno de C atmosférico, desde que no inverno seja adotado um intervalo de pastejo de 28 dias e evite-se a monocultura de soja no verão.

Pereira et al. (2010) verificaram interação significativa entre o sistema de manejo e cultura para as variáveis matéria orgânica leve (MOL) e fósforo remanescente (Prem) nas camadas 0-2,5, 2,5-5,0 e 5,0-10 cm e concluíram que a cobertura com braquiária para a cultura do milho proporcionou maior valor de MOL na camada de 0-2,5 cm, além de obterem menores valores no SPD e no preparo convencional quando a crotalária foi utilizada como cultura de cobertura, no entanto, na profundidade de 2,5-5 cm não foi verificado diferença entre os sistemas de manejo para a cultura do milho na variável MOL. Segundo os pesquisadores, o milho apresentou menores teores de COT na camada 2,5 a 5,00 cm nos sistemas pousio e SPD em relação à crotalária e na camada 5-10 cm o SPD com crotalária

apresentou o menor valor de COT. Não verificaram na pesquisa interação significativa entre cultura e manejo no estoque total de carbono na camada de 0-20 cm, mas verificaram diferença significativa entre os manejos, onde a cultura do milho como planta de cobertura no SPD proporcionou maiores valores médios de carbono superiores às áreas com crotalária e sob pousio, porém não verificaram diferenças nas áreas cultivadas com braquiária e área de preparo convencional quando se comparou com a cobertura com milho.

Em sistemas de plantio com pouco tempo de implantação, o efeito nos teores de CO do solo na camada superficial pode ser decorrente principalmente pelo sistema radicular das diferentes culturas, uma vez que o sistema de plantio direto com pouco tempo de implantação não é suficiente para que ocorra migração de compostos orgânicos a partir da superfície para as camadas subsuperficiais (D'ANDREA et al., 2004).

De acordo com Ernani et al. (2000) a aplicação de corretivos e fertilizantes na superfície do solo, o não revolvimento e a presença constante de cobertura vegetal viva e de resíduos vegetais resulta no aumento das concentrações de nutrientes, principalmente P, Ca, e do pH, aumento das cargas negativas, redução das cargas positivas no complexo de troca, reduz a solubilidade de compostos de Al e Fe resultando no aumento da concentração de P na solução do solo.

Cruz et al. (2009) verificaram que não houve interação significativa entre os fatores preparo do solo e cultivo nos valores de Al ao avaliar o consórcio de milho e braquiária em preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta.

De acordo com Leal et al. (2008) os resíduos vegetais de espécies gramíneas tais como milho (*Zea mays*), milho (*Pennisetum sp*), sorgo (*Sorghum sp*), capim-pé-galinha (*Eleusine coracana*) e as diversas braquiárias por apresentarem elevada relação C/N e alto teor de lignina, produzem substâncias húmicas mais resistentes que persistem por um tempo maior na superfície do solo devido ao seu lento processo de decomposição

3.4. Plantio direto

Os solos tropicais quando submetidos aos métodos convencionais de exploração, em condições de umidade inadequada e na ausência de cobertura vegetal, ficam expostos direto às gotas de chuvas provocando o rompimento dos agregados, compactação e decomposição acelerada da matéria orgânica, favorecendo os processos erosivos (FABIAN, 2009).

De acordo com Pavinato, Merlin e Rosolem (2009), no plantio direto ocorre acúmulo de P nas camadas superficiais devido à adição de fertilizantes e aos resíduos vegetais depositados na superfície do solo e do efeito conjunto da menor perturbação do solo no plantio direto que favorece o desenvolvimento da biota edáfica.

Os sistemas de manejo do solo adotados nas condições edáficas da savana de Roraima, fundamentam-se na sua maioria na aração e gradagem, práticas que não favorecem a proteção do solo contra erosão e reduz os teores de carbono pela oxidação, aumenta o processo de compactação do solo em subsuperfície, uma vez que estes solos são propensos ao processo de adensamento natural (MELO, 2002; MELO et al., 2006).

Em função das peculiaridades dos solos de savana tais como pobreza química, vulnerabilidade a erosão e a necessidade de inserir estes solos no sistema produtivo, tem se proposto a introdução da prática do plantio direto na produção de grãos, no sentido de se aumentar o estoque de matéria orgânica do solo e melhorar as suas condições físicas, químicas e biológicas.

Para que tais resultados sejam alcançados, pesquisas sobre as potencialidades dos solos, no que tange a sua fertilidade e limitações, devem ser realizadas no campo sobre sistemas de manejo adequado ao tipo de solo, com ênfase nas doses a serem aplicadas, para se obter curvas de resposta de nível máximo econômico em sistemas que favoreçam o incremento de matéria orgânica no solo, melhorando suas características físicas e químicas (MELO; GIANLUPPI; UCHOA, 2004).

O Brasil possui a segunda maior área explorada pela agropecuária no mundo com plantio direto, com benefício para toda sociedade brasileira, principalmente no que diz respeito às questões ambientais. Uma vez que neste sistema de exploração ocorre redução das perdas de solo e matéria orgânica por erosão, promove-se melhorias na fertilidade do solo, melhora a eficiência no uso da água e nutrientes e

com isso resulta em aumento da produtividade e competitividade do agronegócio (COSTA et al., 2011; FIDELIS et al., 2003; LOPES et al., 2007). O sucesso dessa nova forma de cultivar o solo é resultado de esforços de pesquisadores brasileiros que procuraram conhecer a dinâmica da fertilidade do solo sob plantio direto em diversos biomas (LOPES et al., 2007).

Este sistema proporciona o aporte de matéria orgânica ao solo pelo incremento da biomassa, resultante da cobertura de solo pela palhada de culturas (LOPES et al., 2007).

No sistema de plantio direto, devido ao aporte de resíduos vegetais na superfície pelo não revolvimento, ocorre uma tendência de acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo como K, Ca, Mg e P devido à decomposição lenta da fitomassa (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Leite et al. (2006) verificaram redução dos teores de K nas camadas inferiores no plantio direto, diferente do que foi verificado no plantio convencional, que apresentou teores semelhantes nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm,

Seguy et al. (2004) considera que as produtividades recordes da cultura da soja em região de Cerrados é estreitamente relacionada à quantidade e qualidade de biomassa de gramíneas que servem de cobertura morta ou viva, desde que a adoção de práticas que preconizam o plantio direto sobre cobertura vegetal permanente passou a ser uma prática consolidada nessas regiões.

Quando o plantio direto é realizado aliado à rotação de culturas ocorrem mudanças significativas na densidade e porosidade do solo (microporosidade, macroporosidade e porosidade total) (SILVEIRA et al., 2008; VASCONCELOS et al. 2010), estas mudanças são diferentes de acordo com a espécie cultivada que disponibiliza diferentes aportes de fitomassa resultando em diferentes efeitos sobre a água no solo, sobre os microorganismos e sobre a quantidade e qualidade da matéria orgânica (WOHLENBERG et al., 2004).

As espécies a serem utilizadas como cobertura devem apresentar alguns atributos favoráveis: a capacidade de produzir grande quantidade de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, não infestar áreas, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo com elevada capacidade de reciclar nutrientes, ser de fácil produção de sementes, apresentar elevada relação C/N, entre outras (SMIDERLE; GIANLUPPI; MEDEIROS, 2007).

Silveira Neto et al. (2006), trabalhando dois sistemas de manejo do solo e quatro tipos de rotações de cultura, verificaram que os sistemas de manejo do solo e rotação de culturas afetaram a densidade, a macroporosidade e porosidade total do solo, sendo que o plantio direto contínuo provocou aumento da densidade do solo e reduziu a macroporosidade e a porosidade total do solo. A rotação de cultura com a formação de palhada, além de influenciar nos atributos físicos e químicos, exerce influência no controle de plantas daninhas pelo impedimento físico à germinação das sementes, redução do vigor vegetativo e do perfilhamento, impedindo as infestações com plantas daninhas (SILVA et al., 2006).

Na agricultura convencional o homem procura maximizar a produção e o lucro, abrindo novas áreas, com base num aporte tecnológico através de novos métodos, novos insumos, modernos equipamentos e implementos não se preocupando, porém, com a dinâmica ecológica, tipo de exploração que está levando os sistemas aos limites máximos de sustentabilidade, colocando em risco toda a base onde foi fundada (GLIESSMAN, 2005).

A grande preocupação que domina a comunidade científica em todo mundo é o aquecimento global resultante da emissão de gases causadores do efeito estufa, entre eles o dióxido de carbono (CO_2) proveniente de várias fontes, entre elas queima de combustíveis fósseis, desmatamento e agricultura (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Da grande parte do carbono armazenado na biosfera terrestre, estima-se que 1500 Pg estão concentrados na camada de 100 cm da terra e 600 Pg estão armazenados na vegetação, que se somados resulta numa quantidade três vezes maior que o carbono presente na atmosfera, portanto, alterações nas estruturas naturais de vegetação e solo pelas práticas de manejo provocam aumento na emissão de gases para a atmosfera, contribuindo para o aumento do efeito estufa (CERRI et al., 2006; CARVALHO et al., 2010).

Os debates em torno dessa questão acirraram-se principalmente na década de noventa do século passado, quando houve uma preocupação maior com os impactos ambientais e na busca de alternativas que pudessem minimizar esses impactos e, no que se refere à agricultura, são evidenciados esforços na tentativa de buscar ou recuperar o equilíbrio do solo por meio de sistemas de produção

fundamentados nos princípios de sustentabilidade (LEAL et al., 2008; CARVALHO et al., 2010).

A cobertura vegetal desempenha importante papel no equilíbrio dos sistemas pela proteção direta do solo pela vegetação, reduzindo assim os impactos das gotas de chuva e diminuição da velocidade do escoamento superficial e perdas de solo por erosão (BARROS et al., 2009). A transformação de grandes áreas de vegetação natural por agricultura intensiva de maneira sucessiva por vários anos resulta em mudanças de aptidão desses solos (VASCONCELOS et al., 2010).

3.5. Atributos físicos e químicos do solo

O solo é visto como um sistema integrado, dinâmico, onde cada um de seus componentes, vivo ou não, orgânico ou inorgânico e o homem (LIMA; SIRTOLI, 2006), desempenham funções distintas, e qualquer alteração que possa ocorrer em um dos componentes há comprometimento na funcionalidade do sistema com efeitos globais devido a emissão de gases do efeito estufa (CARVALHO et al., 2010).

Os atributos físicos e químicos do solo são fatores fundamentais para determinar sua capacidade de uso e o tipo de manejo que se deve adotar e ao mesmo tempo serve de referência como indicador de qualidade do solo. Com base nos atributos é possível indicar alternativas de manejo, bem como possibilita conhecer os efeitos nas variáveis do solo em função de um determinado tipo de manejo (NETO et al., 2006).

O cultivo intensivo do solo com revolvimento utilizando métodos de aração, gradagem, passagem de máquinas, pisoteio de animais, causa mudanças na sua estrutura refletindo nos seus atributos físicos, químicos e biológicos (FABIAN, 2009).

Quando o solo fica exposto à incidência direta dos raios solares ocorre aumento da sua temperatura, maior perda de água por evaporação e o impacto direto das gotas de chuva provoca o selamento superficial refletindo na diminuição da capacidade de infiltração, aumento da erosão com a conseqüente perda de solo e matéria orgânica resultando em mudanças nas propriedades químicas, físicas e biológicas tais como porosidade, estabilidade de agregados, resistência a

penetração, pH, CTC, soma de bases e comprometimento da atividade microbiológica (GLESSMAN, 2005; MATIAS et al., 2009).

A aplicação de corretivos e fertilizantes na superfície do solo e o não revolvimento, associado com a presença constante de cobertura vegetal viva e de resíduos vegetais resulta no aumento das concentrações de nutrientes, principalmente P e Ca e o aumento do pH, resultando no aumento das cargas negativas e redução das positivas no complexo de troca, reduz a solubilidade de compostos de Al e Fe resultando no aumento da concentração de nutrientes principalmente P na solução do solo (ERNANI et al., 2000).

A concentração elevada nos teores de P na camada superficial tem sido uma tendência nos sistemas de plantio direto, e uma das hipóteses é que o planejamento para construção gradativa da fertilidade do solo, neste caso o P, foi concebida baseada para o cultivo convencional com incorporação e homogeneização do adubo na camada 0-20, ao contrário do sistema de plantio direto, a fertilidade é construída a partir da camada superficial resultando na formação de gradiente de concentração na camada superficial com teores muito baixos na subsuperfície (SANTOS; GATIBONI; KAMINSKII, 2008).

Nunes et al. (2011) objetivando estudar a distribuição do fósforo na profundidade de 0 a 40 cm, sob rotações de cultura e utilizando duas fontes de P, obtiveram interações entre a fonte de P, sistema de cultivo e a profundidade, e constataram diferentes teores de P em diferentes camadas do solo em PC e PD, sendo que no plantio convencional as duas fontes de P provocaram diferenças até 20 cm de profundidade e no plantio direto até 10 cm. Segundo estes autores, não foram observadas diferenças entre as fontes de P nas camadas abaixo de 20 cm no plantio convencional e no plantio direto, na profundidade abaixo de 10 cm, e constataram que 53% do P na profundidade de 0 a 30 cm no plantio convencional estava concentrado nos primeiros 10 cm do solo, e no plantio direto 76% do P na camada de 0 a 30 cm estavam contido na camada de 0 a 10 cm.

Segundo Franchini, Pavan e Miyazawa (2004), em plantio direto, o P acumula-se próximo da subsuperfície do solo. Os autores avaliaram a capacidade das plantas de cobertura de absorção de P na superfície e posteriormente transferir para a subsuperfície através das raízes e concluíram que as plantas de cobertura acumularam quantidades significativas de P absorvido, sendo que uma das espécies

utilizadas apresentou nas raízes 65% do P absorvido e transferiu 7 kg ha⁻¹ de P para a camada inferior ao local de aplicação do fertilizante, salientando que é possível utilizar plantas de cobertura para a redistribuição do P nas camadas inferiores.

Leal et al. (2008) ao utilizarem duas espécies de gramíneas, capim-pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para cobertura do solo antecedendo a cultura da soja, verificaram que os teores de P foram influenciados pela cultura de cobertura e pela profundidade e obtiveram interação entre os dois fatores, concluindo que o sorgo proporcionou maiores teores de fósforo na camada de 0,05 a 0,10 m e o capim-pé-de-galinha apresentou teores mais elevados na camada de 0,10 m a 0,20 m. Quanto as profundidades avaliadas, verificou-se acúmulo do P nas camadas até 0,2 m de profundidade, fato que pode estar relacionado à profundidade da deposição do adubo no momento da semeadura uma vez que o P é um elemento com pouca mobilidade no solo, e as diferenças obtidas entre as duas culturas pode estar relacionados ao tipo de sistema de raízes e capacidade de absorção de cada cultura.

A aplicação de corretivos e fertilizantes na superfície do solo e o não revolvimento, a presença constante de cobertura vegetal viva e de resíduos vegetais resultaram no aumento das concentrações de nutrientes principalmente P e Ca, refletindo no aumento do pH, aumento das cargas negativas e redução das positivas no complexo de troca, reduzindo a solubilidade de compostos de Al e Fe e com isso aumentando a concentração de P na solução do solo (ERNANI et al., 2000).

De Maria et al. (1999), verificaram que o plantio direto promoveu maior acúmulo de P, K, Ca, Mg, aumentou o pH, a saturação por bases e a CTC em relação ao plantio convencional e constataram efeito mais pronunciado do elemento fósforo na camada de 0 a 5 cm. Segundo os autores, o fato pode estar relacionado possivelmente com sua pouca mobilidade, a redução na sua adsorção em razão do seu menor contato com os constituintes inorgânicos do solo devido a não incorporação dos resíduos, reduz a atividade microbiana e ciclagem do fósforo orgânico.

Pavinato, Merlin e Rosolem (2009), ao estudar a dinâmica do K em dois tipos de solo, Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho Amarelo, submetidos aos manejos plantio direto e plantio convencional, verificaram que não houve diferença nos teores de K na camada até 5 cm entre os dois manejos, no entanto, quando

comparado ao plantio convencional e plantio direto nas duas classes de solo, obtiveram maior teor de K até 15 cm de profundidade no plantio convencional, enquanto no plantio direto ocorreu mudanças apenas na superfície devido a decomposição dos resíduos ali depositados. Os pesquisadores destacaram que a adubação fosfatada contribuiu na disponibilidade de K no solo até 15 cm, fato que eles atribuem a reação do fosfato com K que reduziu a sua concentração na solução do solo nas camadas superficiais.

3.6. Estrutura do solo

A estrutura do solo é caracterizada pelo arranjo de partículas primárias e secundárias proporcionadas por forças de aproximação oriundas da ação conjunta de cátions, água, argilas e raízes das plantas, resultando na flocculação e a cimentação que forma os agregados do solo é dependente das diferentes frações da matéria orgânica e de seus diferentes estados de mineralização e está relacionado com o tipo de manejo no qual o solo for submetido e com todos os outros fatores relacionados ao potencial produtivo de um determinado solo, tais como água, nutrientes, aeração, atividade microbiana, germinação de sementes e penetração de raízes (AMARO FILHO; ASSIS JÚNIOR; MOTA, 2008; VASCONCELOS, et al., 2010).

A formação bem como a estabilidade dos agregados é dependente principalmente do teor de matéria orgânica do solo por sua ação cimentante como também da textura e da atividade biológica, sendo que os solos mais argilosos e com maior teor de óxidos apresentam maior capacidade de flocculação e formação de agregados (FAVARETTO; MACHADO, 2006).

As mudanças na estrutura do solo por práticas não conservacionistas como cultivo intensivo, revolvimento do solo, operações de máquinas e implementos, resulta na quebra dos agregados maiores e exposição das estruturas protegidas da ação biológica ou física, resultando em acelerada decomposição da matéria orgânica e provocando compactação, aumento da densidade de partículas, que afetam a porosidade, resistência à penetração, estrutura dos agregados, a

capacidade de infiltração e crescimento das raízes, afetando a produtividade das culturas (CARNEIRO et al., 2009).

As variáveis físicas, estabilidade de agregados, densidade, a resistência, a penetração, porosidade e agregação de partículas são atributos que fornecem informações sobre o estado de conservação do solo uma vez que são variáveis que dependendo do seu valor interferem na capacidade de infiltração e retenção de água, desenvolvimento de raízes, troca gasosa e suscetibilidade a erosão (GUARIZ et al., 2009), estando portanto ligada ao tipo de manejo que é adotado no solo (MATIAS et al., 2009; WENDLING et al., 2005).

A densidade é a propriedade física mais dinâmica do solo, expressa à relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume, e sua condição pode variar conforme o manejo adotado que interfere na estrutura e da compactação do solo e pode estar relacionada a diversos fatores como teor de matéria orgânica e práticas de manejo adotadas (VALADÃO et al., 2011).

A estratégia de manejo do solo combinado com rotação de culturas; devido ao aporte de matéria orgânica, promove alterações na densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total e estas mudanças podem ser diferentes de acordo com o tempo de adoção do manejo, fatores climáticos, tipo e histórico de uso do solo (MACHADO, 2001; SILVEIRA et al., 2008) e estas alterações tem uma relação direta com as espécies utilizadas.

Neto et al. (2006) ao estudarem os efeitos de dois sistema de manejo e quatro rotações de culturas sobre os atributos físicos do solo verificaram efeitos do sistemas de manejo e rotação de culturas e interação entre esses dois fatores na densidade do solo, fato que se atribui à variação anual nas culturas que promovem diferentes aportes de resíduos vegetais ao solo conforme o esquema de rotação de culturas e verificaram que a sequência de rotação de culturas que incluía milho provocou na camada de 10-20 cm menor densidade, maior valor de macroporosidade e de porosidade total em relação ao tratamentos que continha milho ou soja. Conforme o mesmo autor, nesta mesma pesquisa o plantio direto continuo registrou maior densidade do solo até a profundidade de 30 cm e menor macroporosidade em relação ao plantio convencional.

Carneiro et al. (2009) estudando o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo em Latossolo no ambiente de cerrado verificaram que os diferentes tipos de

manejo promoveram aumento da densidade do solo porém, decorridos quatro anos de consolidação do plantio direto verificou aumento dos teores de carbono orgânico e redução da densidade do solo.

De acordo com Carvalho et al. (2010) é imprescindível a adoção de práticas de manejo que promova o mínimo revolvimento do solo associados a sistemas de rotação de culturas com plantas com capacidade de produzir grandes quantidades de fitomassa e com capacidade de acumular nutrientes no solo, entre elas, as leguminosas, práticas fundamentais principalmente quando se trata de solos tropicais.

Solos tropicais, especificamente a classe de Latossolos em função dos fatores de formação, sob um regime de elevadas precipitações e temperaturas resultou em um forte intemperismo dos minerais primários e secundários retirando grande parte das bases, tornou esses solos ácidos, com raras exceções (MARQUES, 2006).

De acordo com Leal et al. (2011), os solos de cerrado em especial as classes de Latossolos são pobres, em função de fatores climáticos e os processos de intemperismo, favorecem a rápida decomposição e mineralização da matéria orgânica (LEAL et al., 2008), e sua exploração pela agricultura convencional, o uso incorreto de máquinas e implementos agrícolas, resulta no aumento da densidade na camada subsuperficial, deterioração da sua estrutura e redução da produtividade agrícola.

A sua exploração pela agricultura convencional e principalmente pelo uso incorreto de máquinas e implementos agrícolas, tem provocado alterações nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas resultando no aumento da densidade na camada subsuperficial, deterioração da sua estrutura e redução da produtividade agrícola (VALADÃO et al., 2011)., perda de solo pela erosão, perda de matéria orgânica e refletindo na diminuição da atividade microbiana tornando necessário adotar técnicas adequadas para sua exploração de forma que permita manter ou melhorar sua qualidade principalmente pelo incremento da matéria orgânica (LISBOA et al., 2012).

A componente matéria orgânica é de fundamental importância no equilíbrio do solo uma vez que todas as propriedades físicas, químicas e biológicas estão

diretamente relacionadas com as frações orgânicas do solo, porém, sua condição é susceptível ao tipo de manejo adotado (CASTRO FILHO et al., 1998).

No que se refere a estrutura do solo, diversas formas ou mecanismos promovem a formação de agregados, macro e microagregados. O desenvolvimento de microagregados ($\varnothing < 0,25\text{mm}$) está relacionado com a presença de agentes cimentantes, orgânicos ou inorgânicos, e os macroagregados pela ação física das raízes ou hifas de fungos ou pela ação de frações orgânicas que interfere na entrada de água no interior do agregado, reduzindo assim sua quebra pela expulsão instantânea do ar também denominado de repelência de água ou hidrofobicidade do agregado (BASTOS et al., 2005; AMARO FILHO; ASSIS JÚNIOR; MOTA, 2008).

Lima et al. (2003) em pesquisa realizada em solo de várzea no Rio Grande do Sul, verificaram que o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo correlacionam-se de forma linear positivamente com o carbono orgânico do solo.

O valor de DMP é relacionado com o tamanho dos agregados, sendo que à medida que ocorre aumento dos agregados de maior tamanho ocorre aumento do DMP (CASTRO FILHO; MUZILLI; PODANOSCHI, 1998).

De acordo com Silva e Mielniczuk (1998) nos solos submetidos à mecanização agrícola há ação de compressão das partículas resultando em formação de agregados sem haver, no entanto, os processos naturais responsáveis pela formação dos agregados e sua estabilização.

Durante o preparo do solo pelo revolvimento ocorre à quebra dos agregados maiores, e os microagregados resultantes desse processo são mais susceptíveis às forças da tensão superficial entre agregados, decorrente da menor relação entre sua massa e a tensão do filme capilar, e a destruição dos agregados provoca mudanças no padrão de estrutura após os processos de umedecimento e secagem. O tamanho menor dos agregados também os torna mais susceptíveis às forças da tensão superficial entre agregados, decorrente da menor relação entre sua massa e a tensão do filme capilar (VIANA; FILHO; SCHAEFER, 2004).

Os efeitos provocados por sistema de rotação ou de consórcio de culturas na estabilização dos agregados são diretamente relacionados com as espécies utilizadas nos sistemas de rotação, sendo que as gramíneas e leguminosas devido as diferentes velocidades de decomposição promovem resultados diferentes nos agregados. As leguminosas, devido sua baixa relação C/N, apresentam uma taxa de

decomposição mais acelerada em relação às gramíneas resultando em maior percentual de agregados menores, e as gramíneas por possuírem um sistema radicular mais intenso em volume e comprimento e em constante renovação desempenha papel importante na agregação e na estabilização dos agregados (MELO et al., 2005).

A formação e a estabilidade dos agregados são dependentes principalmente do teor de matéria orgânica do solo, da textura e da atividade biológica, sendo que os solos mais argilosos com mais teor de óxidos apresentam maior capacidade de floculação, o que proporciona uma maior formação de agregados. Devido a sua ação como agente cimentante, a matéria orgânica é de fundamental importância para a agregação dos solos, principalmente os solos que apresentam um baixo conteúdo de argila (FAVARETTO; MACHADO, 2006).

Silva et al. (2008) verificaram correlação positiva entre o teor de matéria orgânica e agregados estáveis (DMP) o qual afirma que outros autores já mencionaram a relação entre matéria orgânica e a manutenção da estrutura do solo e, conforme Castro Filho, Muzilli e Podanoschi (1998), o aumento do carbono orgânico resulta em aumento da agregação do solo devido a redução da quantidade de agregados de menor tamanho e aumento dos de maior tamanho e quando se tem espécies na sucessão de culturas com alta relação C/N.

De acordo com Bastos et al. (2005) e Filho et al. (2008) diversos mecanismos são responsáveis pela formação de macroagregados entre os quais se destaca a ação física das raízes ou hifas de fungos ou pela ação de frações orgânicas que interfere na entrada de água no interior do agregado. Portanto, à medida que aumenta a profundidade ocorre diminuição da matéria orgânica, os macroagregados tendem a diminuir e os micros tendem a aumentar pela ação dos agentes cimentantes como as frações orgânicas e os óxidos de ferro e alumínio (BASTOS et al., 2005; FILHO et al., 2008).

Frações orgânicas com características hidrofóbicas hidrolíticas quando adicionadas ao solo podem contribuir de maneiras diferentes na agregação dos solos, sendo que as hidrolíticas promovem a ligação entre a fração argila e os íons do solo são hidrossolúveis, enquanto os ácidos húmicos, frações alifáticas ou resíduos vegetais apresentam caráter hidrofóbicos fazendo com que os agregados resistem a ação da água e a sua desagregação (BASTOS et al., 2005).

Pragana et al. (2011) verificaram que os solos sob plantio direto apresentaram maior resistência a penetração até a profundidade de 20 cm em relação ao cerrado nativo. Outro fator que deve ser observado é a umidade, uma vez que esta afeta a coesão entre as partículas e na presença de maior umidade ocorre o seu distanciamento e refletindo na menor resistência a penetração (SILVEIRA et al. 2010).

A influência da umidade na resistência a penetração de acordo com Beltrame et al. (1981) pela dinâmica da coesão entre as partículas do solo, quando o solo está seco ou com pouca quantidade de água, suas partículas se aproximam e se tornam mais difíceis de serem separadas resultando em aumento da resistência a penetração.

ARGENTON et al. (2005) verificaram aumento da densidade do solo em comparação com a mata nativa. ao avaliar efeitos do manejo preparo reduzido e plantio convencional com culturas intercaladas e plantas de cobertura sobre as estrutura do solo.

As espécies vegetais produzem ácidos orgânicos que afetam os atributos do solo como Al trocável e $H + Al$, fato verificado por Moraes et al. (2007) que verificaram uma maior capacidade de redução do Al, $H + Al$ pela aplicação de ácidos orgânicos e pelo cultivo de nabo forrageiro, o qual apresentou maior capacidade de neutralizar o Al em comparação com as outras espécies de plantas utilizadas.

O calcário aplicado na superfície do solo, juntamente com a presença de resíduos vegetais em decomposição, promove elevação do pH na superfície do solo e por meio dos compostos orgânicos hidrossolúveis, que ao complexar o Ca, favorece sua descida para as camadas inferiores (RHEINHEIMER et al., 2000) o Al, por ter maior afinidade com esses compostos orgânicos, favorece a troca e liberação do Ca para a solução do solo contribuindo na redução da fração de Al fitotóxico (LEITE et al., 2006).

A baixa mobilidade do calcário quando aplicado em superfície tem sua eficiência reduzida na camada subsuperficial, mas o Ca e Mg que está associado aos resíduos vegetais de diferentes espécies com diferentes teores pode se movimentar para as camadas inferiores e promover mudanças significativas nos atributos do solo.

Gatiboni et al. (2003) ao analisarem os atributos do solo sob plantio direto obtiveram redução linear do pH, Ca e Mg no intervalo de 1 a 40 cm, e aumento linear nos teores de Al à medida que aumentava a profundidade.

Caires et al. (1998) realizaram trabalho com o objetivo de avaliar as alterações das características químicas do solo e a resposta da soja à aplicação superficial de calcário e gesso em sistema de cultivo sem preparo do solo verificaram aumento nos teores de Ca, Mg e K até na Camada 5-10 após um ano de aplicação do corretivo e manteve teores elevados de Ca nas primeiras camadas após 28 meses de aplicação do corretivo e melhor distribuição do Mg em todo perfil do solo. No mesmo, os autores verificaram que a calagem proporcionou aumento de cargas negativas na superfície do solo que contribuíram na redução de perda de K por lixiviação e proporcionou correção da acidez, revelada pela elevação do pH e redução do alumínio trocável, até 10 cm de profundidade corroborado por Caires et al.(2003) que afirmaram que o aumento do pH na superfície pela aplicação de calcário, acelera a decida de $(\text{HCO}_3)_2$, movendo os Ca e Mg para a subsuperfície do solo e resultando na neutralização do Al.

Pavinato, Merlin e Rosolem (2009) verificaram acúmulo de Ca na camada 0-5 cm no sistema de plantio direto e redução nas camadas inferiores, contrastando com o plantio convencional ao não apresentar diferenças até 15 cm de profundidade e concluiu que houve interação significativa entre fator manejo e fator tipo de solo praticamente para todas camadas avaliadas. Segundo os autores, esse mesmo comportamento foi verificado com o Mg no sistema de plantio direto que acumulou na camada superficial e no sistema de plantio convencional que manteve altos teores até 10-15 cm de profundidade. Assim, a disponibilidade de Ca e Mg foi maior na camada 0–5 cm no sistema plantio direto, em consequência da disponibilização destes nutrientes no corretivo e nos resíduos em decomposição.

No sistema convencional, a disponibilidade de Ca e Mg é menor na superfície, mas devida a distribuição no solo através da incorporação os teores continuam altos em toda camada arável (PAVINATO; MERLIN; ROSOLEM, 2009; LEITE et al., 2010).

De acordo com Nicoloso et al. (2008) o milho adiciona mais do que o dobro de Ca ao solo em comparação a soja e, quando se tem aumento de participação da

soja em um determinado sistema em relação ao milho, há o decréscimo de aporte de C ao solo.

Sorato e Crusciol (2008) verificaram efeitos do calcário até a profundidade de 60 cm após 12 meses de aplicação de calcário decorrentes da movimentação da Ca e Mg no perfil do solo proporcionado pelos compostos hidrossolúveis presentes nos resíduos vegetais, concluindo que a aplicação de calcário em superfície, na implantação do sistema plantio direto, reduziu a acidez e elevou os teores de Ca e Mg trocável principalmente na superfície.

Caires et al. (2000) verificaram que a calagem proporcionou aumentos significativos no pH, Ca + Mg trocáveis e saturação por bases e promoveu redução significativa nos teores de H + Al, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40 a 60 cm, concluindo que a aplicação de calcário na superfície pode corrigir a acidez no subsolo, porém, os mesmos afirmaram que pode haver discordância em alguns casos.

O Mg presente nas análises do solo é proveniente do calcário aplicado na correção mas, pode estar relacionado a fontes fosfatada de adubação resultado da competição promovida pela dissolução do fosfato, com Ca ocupando os sítios de troca, deslocando o Mg^{2+} e outros cátions como K^+ para a solução (PAVINATO; MERLIN; ROSOLEM, 2009).

Leal et al. (2008) verificaram efeitos do calcário aplicado na superfície na camada de 0 – 5 cm depois de dezoito anos de aplicação e não houve efeito das culturas utilizadas na cobertura do solo, e quando o calcário foi incorporado na mesma época em outra área promoveu mudanças uniforme no pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} e SB na camada de 0 a 20 cm.

A aplicação de corretivos e fertilizantes na superfície do solo sem a incorporação combinado com a presença constante de cobertura vegetal e de resíduos resulta no aumento das concentrações de Ca^{+2} e na elevação do pH, da CTC) e redução das cargas positivas no complexo de troca, reduz a solubilidade de compostos de Al e Fe e favorece a liberação de íons como P (ERNANI et al., 2000).

A movimentação do Ca^{+2} e Mg^{+2} proveniente do calcário para as camadas inferiores é favorecida pela ação de ácidos orgânicos resultante da decomposição de resíduos vegetais que complexam o Al^{+3} e reduz o seu efeito tóxico no perfil do solo (FLORES et al., 2008).

De acordo Gatiboni et al. (2003) a correção da acidez e aumento dos teores da Ca^{+2} e Mg^{+2} nas camadas subsuperficiais do solo esta relacionada com a atuação de ânions orgânicos bem como a movimentação de partículas finas de calcário para as camadas inferiores.

De acordo com alguns pesquisadores, o calcário aplicado na superfície do solo, devido a sua baixa solubilidade, apresenta uma movimentação lenta para as camadas inferiores, porém, outros pesquisadores contestam e confirmam a sua movimentação para as camadas mais profundas (CASSOL, 2003).

Devido a baixa mobilidade do calcário, quando este é aplicado em superfície tem sua eficiência reduzida na camada subsuperficial, mas o Ca^{+2} e Mg^{+2} presente nos resíduos vegetais de diferentes espécies podem se associar formando compostos orgânicos e movimentar para as camadas inferiores e promover mudanças significativas nos atributos do solo. De acordo com Miyazawa, Pavan e Franchini (2002) que ao pesquisar as espécies aveia, centeio, mucuna e leucena, concluíram que as espécies tiveram atuações diferentes e verificaram que o resíduo de trigo não afetou o pH e a mobilidade da Ca^{+2} e Mg^{+2} no solo mas houve aumento no teor de K, e segundo os autores, a lixiviação de Ca e Mg foi proporcionada pela formação de complexos orgânicos hidrossolúveis produzidos pelos resíduos vegetais.

Cruz et al. (2009) não verificaram diferenças nos teores de Ca e Mg em duas profundidades avaliadas e entre três sistemas de manejo (plantio convencional, cultivo mínimo e plantio direto), no entanto foram obtidas maiores valores de Ca e Mg no plantio direto na profundidade de 0-20 mas, esta diferença não foi significativa.

Cassol et al. (2003), verificaram efeito acentuado de calcário em superfície em sistema de integração lavoura pecuária (ILP), indicando pouca movimentação do Ca no perfil do solo, porém, Petreire e Anghinoni (2001) verificaram efeitos até a profundidade de 22,5 cm após 42 meses de aplicação, afetando o pH, alumínio, cálcio e magnésio trocáveis.

Kaminski et al. (2005) verificaram efeito da calagem por período superior a sete anos após aplicação de calcário em plantio direto e constatou que a incorporação do calcário antes de instalar o plantio direto neutralizou a acidez do solo em profundidades sendo mais eficiente do que o calcário aplicado na superfície.

A aplicação de corretivos e fertilizantes na superfície do solo e o não revolvimento, a presença constante de cobertura vegetal viva e de resíduos vegetais, resulta no aumento das concentrações de nutrientes tais como P e Ca e Mg e ocorre aumento do pH, com isso há elevação das cargas negativas e redução das positivas no complexo de troca, reduz a solubilidade de compostos de Al e Fe (ERNANI et al., 2000; LEITE et al., 2010).

Santos et al. (2011) verificaram pH mais elevado no sistema com revolvimento de solo, afirmando que arações e gradagens resultam na diluição da acidez provocada por fertilizantes em toda camada arável resultando no aumentando do pH. De acordo Miguel et al. (2010), as plantas na presença de Al^{+3} secretam mucilagem que proporciona o aumento do pH na região apical da raiz, provocada pela liberação de ácidos orgânicos com caráter aniônico pelas raízes e são capazes de neutralizar a acidez.

Sobre o efeito das culturas nos atributos de acidez do solo, Moraes et al. (2007) verificaram que o nabo forrageiro e solução de ácidos orgânicos aplicados na superfície do solo promoveram mudanças significativas no aumento do pH do solo nas camadas de 0-8 cm e de 8-18 cm, e obtiveram uma pequena redução do pH do solo no tratamento testemunha após a lixiviação dez dias após a aplicação dos tratamentos, fato que ele atribui a acidificação causada pela nitrificação da matéria orgânica do solo.

Cruz et al. (2009) constataram que consórcio de milho com *Brachiaria decumbes* afetou negativamente o pH, Ca, Mg, SB, CTC e V na camada de 0-20, e encontraram resultados diferentes quando analisaram o milho solteiro, resultado atribuído à maior quantidade de raízes encontradas no sistema de consórcio da braquiária com milho. Segundo os autores, as plantas ao absorverem cátions, liberam íons H^+ na região da raiz resultando na acidificação do solo nas camadas mais profundas.

Pavinato, Merlin e Rosolem (2009) constataram interação entre solos e manejo e os teores de cátions na solução do solo e verificaram na camada superficial maior valor de pH na semeadura direta em relação ao plantio convencional e a partir da camada de 5-10 verificou maior valor no plantio convencional.

Valores mais elevados de pH nas camadas subsuperficiais em plantio convencional são devido à incorporação do calcário e pela movimentação do solo que promove a homogeneização dos materiais no perfil do solo até a uma profundidade de 15 cm e no sistema de plantio direto em função da deposição de resíduos vegetais que favorecem a manutenção do pH numa média próximo de 5,4 a 6,5 (PAVINATO, 2007)

Gatiboni et al. (2003), analisando atributos do solo sob plantio direto, observaram redução linear do pH, Ca e Mg no intervalo de 1 a 40 cm, e aumento linear nos teores de Al à medida que aumentava a profundidade

De acordo com Cruz et al. (2009), o pH do solo foi influenciado pelo revolvimento de maneira inversamente proporcional à quantidade de revolvimento, ou seja, quanto maior a movimentação do solo menor valor do pH.

Em pesquisa realizada por Guareschi, Pereira e Perin (2012) em campo nativo (CN), SPC e SPD, verificaram que o pH permaneceu superior 0,4 e 0,5 unidades no campo nativo e no plantio direto comparando com o sistema convencional em todas as profundidades avaliadas, porém a acidez potencial foi superior no CN, mas a partir de 5 cm de profundidade os valores de pH tenderam para a estabilidade no CN e no PD, resultados que são explicados pela não correção do solo no CN e a liberação de íons H⁺ nos solo pela decomposição dos resíduos vegetais nos ambientes cultivados em PC e PD.

Amaral et al. (2004) ao avaliarem as alterações na disponibilidade de cátions no perfil do solo sob diferentes sistemas de manejo, verificaram que a deposição de resíduos vegetais na superfície promoveu aumento da saturação por bases, do pH, na mobilidade de cátions básico e redução da acidez do solo.

A saturação por bases (%V) por meio de calcário, fertilizantes e matéria orgânica promove o aumento do pH, Ca, Mg, K e CTC do solo e redução de H⁺ + Al, Al e saturação por alumínio uma vez que essas variáveis são inversamente correlacionadas (SERRAT; KRIEGER; MOTTA, 2006; VALADARES; BATISTELLA; PEREIRA, 2011)

Os solos de maneira geral apresentam predomínio de cargas negativas originadas na formação dos argilominerais ou pela presença de matéria orgânica propriedade a qual é denominada de CTC que é expressa em $\text{cmol}_c \text{d}^{-3}$ ou $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. No entanto, solos ricos em óxidos de Fe e de Al e com pH baixo, há ocorrência de

cargas positivas, neste caso o aumento da calagem elevando o pH e ou o aumento da matéria orgânica favorece o aumento das cargas negativas e por consequência o aumento da CTC (MARQUES, 2006).

A matéria orgânica promove o aumento da CTC dependente de pH favorece a adsorção de cátions trocáveis (Ca, Mg e K) através da troca com o H⁺ dos grupos funcionais orgânicos e com isso ocorre aumento da saturação por bases no complexo coloidal.

Ao promover o aumento da CTC-dependente de pH, a matéria orgânica beneficia a adsorção de cátions trocáveis (Ca, Mg, K) mediante trocas com o H⁺ dos grupos funcionais orgânicos, aumentando a saturação por bases no complexo coloidal, aumentando a fertilidade do solo (MUZILLI, 2002). Os diferentes valores de CTC em diferentes camadas estão relacionados com a presença da matéria orgânica que promove aumento das cargas negativas do solo ou pela diminuição da atividade do íon H⁺ na solução do solo (CRUZ et al., 2009).

De acordo com Marques (2006) e Ronquim (2010), nos solos de maneira geral há predomínio de cargas negativas originadas na formação dos argilominerais, neste caso são cargas permanentes ou pela dissociação de grupamentos funcionais de minerais ou da matéria orgânica, neste último caso depende do pH do solo que funcionam como trocadoras de cátions.

Em solos tropicais devido ao elevado processo de intemperismo dos minerais primários e secundários ocorre remoção de grande parte das bases, resultando na presença marcante de cargas positivas devida a presença de óxidos de Fe e Al e pH baixo. Neste caso a matéria orgânica exerce papel fundamental no aumento de cargas negativas ao adsorver à caulinita e os óxidos ocorrem à neutralização das cargas positivas contribuindo desta forma na elevação da CTC do solo (MARQUES 2006; RONQUIM, 2010).

Os efeitos das raízes das gramíneas podem ser verificados nas camadas mais profundas do solo devido ao grande volume e pela profundidade alcançada e por apresentar uma decomposição lenta, produz compostos orgânicos intermediários reflete positivamente nos agregados do solo contribuindo no aumento do carbono orgânico, da CTC por meio da adsorção de cátions Ca, Mg e K, aumenta a saturação por bases no complexo catiônico, reduz a toxidez do alumínio

contribuindo na melhoria da fertilidade do solo (MUZILLI, 2002; WENDLING et al., 2005).

De acordo com Leal et al. (2008) os resíduos vegetais de espécies gramíneas, tais como milho (*Zea mays*), milheto (*Pennisetum sp*), sorgo (*Sorghum sp*), capim-pé-galinha (*Eleusine coracana*) e as diversas braquiárias por apresentarem elevada relação C/N e alto teor de lignina, produzem substâncias húmicas mais resistentes que persistem por um tempo maior na superfície do solo devido ao seu lento processo de decomposição

Leite et al. (2010) verificaram menores valores de Al^{3+} e H+Al no PD em relação a PC e conforme os pesquisadores o resultado está relacionado à aplicação superficial do calcário sem incorporação, havendo acúmulo de cálcio e magnésio trocáveis e elevação do pH na superfície do solo.

Petrere e Anghinoni (2001) verificaram efeitos do corretivo no pH, Al^{3+} , Ca e Mg até a profundidade de 22,5 cm após 42 meses de aplicação do corretivo, e os maiores efeitos foram verificados na camada 0-5 cm.

De acordo com Cruz et al. (2009) o plantio direto promoveu maiores valores de Ca e Mg e menor valor de H+Al na camada de 20-40 diferente do cultivo mínimo e plantio convencional, e constataram o mesmo comportamento nas variáveis SB, V e a CTC nessa camada que não foi afetada pelos diferentes sistemas.

Os Latossolos apresentam baixos teores de bases trocáveis refletindo no aumento de H+Al, Al^{3+} e m sendo que as cargas negativas desta classe de solo são dependentes da matéria orgânica (LEITE et al., 2010).

Costa et al. (2011) verificaram efeitos na matéria orgânica do solo, H+Al, Al^{3+} , P, Ca, Mg, SB, concluindo que sistema de rotação bem como da quantidade e qualidade da fitomassa são fatores que interfere na oxidação da matéria orgânica.

De acordo com Rheinheimer et al. (2000), mesmo o calcário sendo aplicado na superfície e ter baixa solubilidade ocorre uma frente alcalinizante que avança de forma lenta contribuindo na redução da acidez na superfície do solo. Essa dinâmica tem participação ativa dos resíduos vegetais dispostos na superfície que durante sua decomposição a formação de compostos orgânicos hidrossolúveis que ao complexar o Ca favorece sua movimentação para as camadas inferiores onde o Ca é trocado pelo Al por ter maior afinidade com esses compostos orgânicos liberando o Ca para a solução do solo reduzindo a toxidez do Al^{3+} .

Segundo Gatiboni et al. (2003), a neutralização total do Al^{3+} só é verificado até 6,00 cm de profundidade mesmo após 84 meses de aplicação do corretivo e que há uma correlação negativa entre Ca, Mg com o Al^{3+} ou seja, à medida que aumenta a profundidade aumenta os teores de Al^{3+} .

O teor de Al^{3+} no solo é também influenciado pela presença de P, sendo que a elevação do teor de P por meio de fertilizante fosfatado promove a elevação do pH e redução dos teores de Al^{3+} trocável por meio do deslocamento de ânions orgânicos trocam o Ca retido por Al resultando na formação Al-orgânico (NOLLA; ANGHINONI, 2006).

Andrade et al. (2002) afirmaram que a matéria orgânica afetou diretamente a solubilidade do Al^{3+} . Pesquisa realizada por Inda et al. (2010) verificou que 90% do Al em solução foi complexado por ligantes orgânicos.

O acúmulo de P e Ca na superfície do solo neutraliza o Al na solução do solo por meio da ação dos ânions orgânicos e inorgânicos resultantes do processo de decomposição (NOLLA; ANGHINONI, 2006). De acordo com esses autores a aplicação de doses de P promoveu redução no teor de Al no solo e na sua atividade em solução e afirmou que o aumento de P na solução não afetou diretamente a inativação de Al, pois não houve formação de fosfatos de Al, mas, os ânions orgânicos e inorgânicos, deslocados do complexo de troca pelo fosfato, foram efetivos na complexação do Al em solução.

Durante a decomposição dos resíduos na superfície do solo, há produção de compostos orgânicos hidrossolúveis de caráter aniônicos que ao formarem complexos com o Ca e Mg presentes na camada superficial migram para camadas mais profundas nas quais podem ser trocados pelo Al, diminuindo sua fitotoxicidade e aumentando o teor de Ca no perfil do solo (GATIBONI et al., 2003; RHEINHEIMER et al., 2000; LEITE et al., 2006; CAIRES et al. 2003; MIGUEL et al., 2010).

A redução do Al com o aumento da matéria orgânica ocorre por meio da ação de ácidos orgânicos que ao formarem grupos funcionais que atuam em reações de complexação orgânico-metal, proporciona redução da toxidez, adsorção de íons e liberam e aumentam a mobilidade do Ca e Mg para as camadas inferiores (PAVINATO; ROSOLÉM, 2008).

As espécies vegetais produzem ácidos orgânicos que afetam os atributos do solo como Al trocável e $H+Al$, fato comprovado por Moraes et al. (2007) que

verificaram uma maior capacidade de redução do Al e H+Al pela aplicação de ácidos orgânicos e de nabo forrageiro o qual apresentou maior capacidade de neutralizar o Al em comparação com as outras espécies de plantas utilizadas.

De acordo com Diehl et al. (2008) em trabalho realizado em laboratório quando foi aplicado calcário na superfície com extrato de resíduos vegetais, este promoveu a redução do Al, aumento do pH e favoreceu mobilidade dos cátions básicos polivalentes até às subcamadas e verificou-se uma correlação significativa entre os compostos orgânicos dos extratos vegetais com as alterações de pH, Al trocável, H+Al e a saturação por bases nas colunas de solo.

Ácidos orgânicos de baixo peso molecular resultantes da decomposição de resíduos vegetais podem contribuir no efeito corretivo do calcário sobre o solo em camadas inferiores e assim reduzir o efeito do Al favorecendo a descida do Ca^{+2} e Mg^{+2} no perfil do solo (FLORES et al., 2008).

Os ânions orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica superficial formam complexos com o Ca e Mg e migram para as camadas mais profundas, aumentando os teores deste cátions, havendo a neutralização do Al^{3+} , elevação do pH, reduzindo desta forma a sua toxicidade (GATIBONI et al., 2003; ERNANI et al., 2000).

Leite et al. (2006) verificou maior movimentação do Mg em relação ao Ca para a camada 20-30 cm quando o calcário foi incorporado e a partir de 30 cm os métodos de aplicação afetaram os teores de Al entre 30-45 cm.

Quando o calcário foi aplicado na superfície neutralizou todo Al trocável e reduziu acentuadamente a H+Al na camada 0-8 cm, no entanto este efeito ficou restrito a essa camada, pois os valores encontrados nas camadas inferiores foram iguais aos do tratamento testemunha (MORAES et al., 2007).

O efeito da aplicação de calcário em superfície nos atributos do solo entre eles o aumento do pH e redução do Al está condicionado à quantidade aplicada e ao tempo e o método de aplicação sendo que a incorporação o efeito é imediato ao passo que quando a aplicação é realizado em superfície e com baixas doses não é suficiente para neutralizar o Al das camadas próximas (RHEINHEIMER, 2000).

Ao comparar o efeito do calcário aplicado na superfície e incorporado no teor de Al trocável verificou que não houve diferença entre os dois modos de aplicação até a profundidade de 10 cm, porem na camada de 10-15 cm a aplicação superficial

não surtiu efeito na variável Al e com a incorporação promoveu uma neutralização parcial (RHEINHEIMER, 2000).

3.7. Matéria orgânica

A matéria orgânica é constituída em média por 5% de N e 58% de C, desempenha múltiplas funções no solo como retenção de cátions, estrutura e agregação, densidade, armazenamento de água, fornecimento de nutrientes e incremento da atividade biológica (LOPES et al., 2007 ; MUZILLI, 2002; MELLO, 2006). Sistemas de produção que envolvam métodos convencionais de preparo do solo, associados a culturas de baixa produção de resíduos, resultam em redução nos teores de matéria orgânica.

De acordo com Castro Filho et al. (1998), a rotação de culturas e cobertura do solo por restos culturais favorece a ação dos microrganismos na decomposição dos resíduos, refletindo em aumento nos teores da matéria orgânica, aumento da CTC, modifica o pH, e diminui a saturação por Al.

A recuperação dos teores de matéria orgânica do solo pode ser obtida através da redução do revolvimento do solo e da adoção de um sistema de rotação de culturas com inclusão de espécies de alta produção de fitomassa. No entanto, as condições climáticas tropicais e a textura e mineralogia do solo constituem o fator limitante ao acúmulo da matéria orgânica no solo (LOPES et al., 2007)

A falta de cobertura do solo caracterizado no plantio convencional causa redução ou eliminação da matéria orgânica, consequência da oxidação acelerada do carbono orgânico, que refletem na diminuição do tamanho e estabilização dos agregados, da porosidade total e da macroporosidade, aumento da densidade, diminuição da fertilidade e aumento da erosão (MELLO, 2006; BELLOTE; DEDECEK, 2006).

Nos solos tropicais, devido ao grau de intemperismo com predomínio de elevadas temperaturas e umidade, o elemento matéria orgânica desempenha importante papel na ciclagem de nutrientes e na fertilidade do solo (CERRI et al., 2006; MARQUES; 2006). O processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos é acelerada principalmente se as plantas de cobertura apresentarem baixa relação C/N (MUZILLI, 2002). Nessas condições, o

uso de espécies com decomposição mais lenta, com elevada relação C/N, é uma estratégia para aumentar a eficiência dessa cobertura do solo (MENEZES; LEANDRO, 2004).

Segundo Lopes et al. (2007), a relação C/N no solo é constante em uma média de 10/1, constituindo em média 5% da matéria orgânica e para manter essa proporção ou aumentá-la é necessário que se conheça a relação de entrada e saída de N do sistema e, para manter ou aumentar a quantidade de N no solo é necessário realizar a adição de fertilizantes ou promover o aporte de resíduos vegetais no solo por meio das leguminosas.

Quando a cobertura do solo é realizada com resíduos que apresentam alta relação C/N, o processo de mineralização ocorre de maneira mais lenta, fenômeno provocado pela maior oferta de carbono orgânico que propicia o aumento da atividade microbiana do solo resultando na maior imobilização de nutrientes, principalmente N, P e S, e ao mesmo tempo aumento de suas concentrações na camada superficial, sendo portanto de suma importância a inserção de espécies leguminosas intercaladas com gramíneas ou outras espécies com alta relação C/N para reduzir os efeitos da imobilização do N (MUZILLI, 2002).

Em um experimento objetivando avaliar a influencia do manejo com rotações de cultura sobre a estabilidade de agregados em solo compactado, Calonego e Rosolem (2008) após três anos de instalação do experimento, constataram aumento significativo nos agregados maior que 2,00mm devido ao incremento de matéria orgânica e comprovaram que a rotação de culturas influencia a estabilidade de agregados. Verificaram também que a estabilidade de agregados pode ser recuperada após três anos de semeadura direta devido ao aumento da matéria orgânica.

Wendling et al. (2005), estudaram a influência de diferentes manejos plantio direto por quatro anos, com a sucessão milho (silagem)/soja; plantio direto, por quatro anos, com a sucessão milho/milho/milho/soja; plantio direto, por três anos contínuos, com tifton, e no quarto ano, soja sob plantio direto; sistema convencional com soja, nos últimos quatro anos; e mata nativa, no carbono orgânico do solo e na estabilidade de agregados. Os autores constataram que a estabilidade de agregados foi influenciada pelos diferentes tipos de manejo, plantio direto e plantio convencional, sendo que o plantio convencional apresentou os menores índices de

estabilidade de agregados, e a gramínea perene tifton foi responsável pela melhor agregação. Neste mesmo trabalho os autores verificaram correlação positiva entre o carbono orgânico total (COT) e o índice de estabilidade de agregados (IEA). Segundo Wohlenberg et al. (2004), a matéria orgânica atua como agente de agregação do solo, e o seu aumento no solo reflete no aumento do diâmetro médio geométrico (DMG), no IEA e no percentual de agregados de maior tamanho. A formação de agregados maiores está relacionado diretamente com a matéria orgânica e a relação C/N da espécie utilizada e reflete na resistência do solo à erosão (CASTRO FILHO et al., 1998; MUZILLI, 2002), cuja estabilização dos agregados ocorre pela ligação de polímeros orgânicos com a superfície inorgânica por meio de cátions polivalentes, e a biomassa com maior relação C/N.

Neste sentido as gramíneas, além dos efeitos positivos de suas raízes na liberação de exsudatos orgânicos, os seus efeitos podem ser verificados nas camadas mais profundas do solo devido ao seu alcance nas camadas subsuperficiais e pela quantidade de raízes produzidas (WENDLING et al., 2005). A decomposição lenta produz compostos orgânicos intermediários afetando positivamente na agregação e na estabilização dos agregados, e no aumento do carbono orgânico do solo, da CTC por meio da adsorção de cátions Ca, Mg e K por meio de trocas com o íon H⁺ dos grupos funcionais orgânicos, aumenta a saturação por bases melhorando a fertilidade do solo (MUZILLI, 2002).

O processo de decomposição lenta da matéria orgânica do solo, fenômeno característico no sistema de plantio direto, reflete na dinâmica do nitrogênio e nas operações de cultivo com efeitos nos custos de produção pois com a mineralização lenta da matéria orgânica ocorre uma liberação gradativa do nitrogênio para as plantas contribuindo na redução da necessidade de adubos nitrogenados e diminuindo os riscos de contaminação das águas subterrâneas (MUZILLI, 2002).

Pesquisa realizada por Costa et al. (2011) com plantio direto, rotação de culturas, e diferentes fontes de adubos verificaram efeitos na matéria orgânica do solo, na acidez potencial, no alumínio trocável, fósforo, cálcio, magnésio na soma e saturação por bases. Destacou-se que a percentagem de oxidação da matéria orgânica é função do sistema de rotação bem como da quantidade e qualidade da fitomassa.

A decomposição da fitomassa está relacionada como a mesma é manejada, uma vez que, quando a mesma é incorporada, devido ao aumento da superfície de contato do material com o solo, aliada aos fatores temperatura elevada, muita umidade fornece condições ideais para a ação dos organismos decompositores resulta num processo acelerado de decomposição e maiores concentrações nas camadas superficiais (CARVALHO et al., 2008; CASSOL, 2003).

Segundo Pauletti et al. (2009) em área de plantio direto devido à ausência de revolvimento do solo, ocorrem maior variabilidade química e maior concentração de nutrientes e carbono na superfície do solo, devido aos métodos de aplicação do fertilizante e corretivo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local da pesquisa

O estudo foi desenvolvido na unidade experimental do Centro de Ciências Agrárias - CCA, no Campus Cauamé da Universidade Federal de Roraima, BR 174, km 12, no município de Boa Vista – RR, coordenadas geográficas de referências 02° 52' 49' N e 60° 42' 89' W, altitude de 90 m em uma área de Latossolo Amarelo distrocoeso (Figura 1).

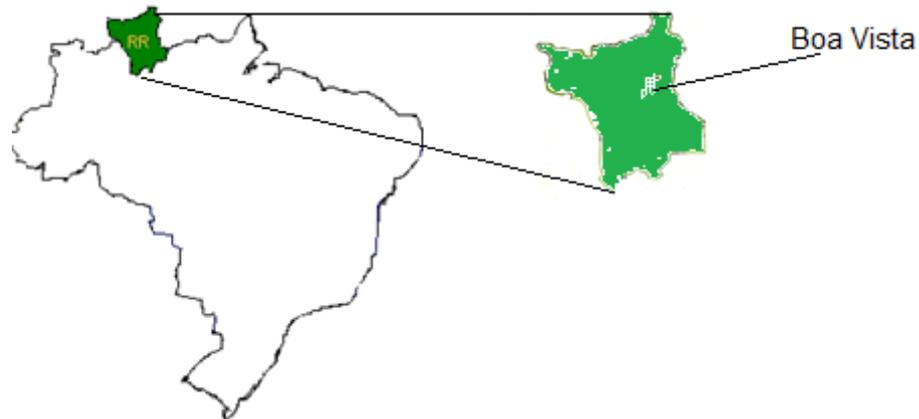


Figura 1. Mapa do Brasil com destaque para o Estado de Roraima e o município de Boa Vista (Montagem de mapa extraído do site IBGE).

4.2 Caracterização da área de estudo

A área onde se desenvolveu a pesquisa está inserida no domínio da savana dos Campos de Roraima, apresenta relevo plano, cobertura vegetal rasteira com predomínio de espécies dos gêneros *Traquipogon* e *Andropogon* com ocorrência de espécies arbóreas, principalmente caimbé (*Curatella americana*) e murici (*Byrsonima coccolobifolia*) (BENEDETI et al., 2011).

O clima da região segundo a classificação de Koppen é do tipo Awi, tropical chuvoso, com temperatura média anual de 27 °C (ARAÚJO et al., 2001).

A área do Campus Cauamé se localiza na superfície de aplainamento Pediplano Rio Branco, apresentando solos derivados de sedimentos pré-intemperizados da formação Boa Vista (BENEDETTI et al., 2011).

4.3 Histórico da área

No ano de 2007 foi implantado no local dois sistemas de manejo do solo, sistema plantio convencional (SPC) e sistema de plantio direto (SPD), com a divisão da área em duas sub-áreas medindo 720 m² cada, que receberam a calagem nas doses de 1, 2, 3 e 4 equivalente de toneladas de calcário por hectare, distribuídas em faixas de 3 x 25 m (75 m²) e incorporado a 25 cm de profundidade.

Dentro de cada faixa foram distribuídos os tratamentos com potássio com as dosagens de 40, 80, 140, 180 e 260 de kg/ha na forma de K₂O. Para iniciar a implantação dos dois sistemas de manejo (SPC e SPD) foi introduzida a cultura do milho que recebeu 60 Kg de K₂O e 80 kg de P₂O₅ e 40 kg de N objetivando produção de fitomassa

Aos 50 dias após emergência, o milho foi incorporado ao solo com grade aradora para implantação do sistema de plantio convencional, e dessecado para introdução do sistema plantio direto.

Após a cultura do milho e a produção de fitomassa iniciou-se a cultura da soja variedade BRS Tracajá utilizando inoculante específico (*Bradyrhizobium japonicum*) como fonte de nitrogênio.

A adubação com fósforo consistiu de 40 kg ha⁻¹ de fosfato natural (Arad) e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, incorporado no sulco de plantio.

Após a colheita da soja em setembro de 2007, foi deixado à vegetação espontânea desenvolver-se e em março de 2008 foi dessecada e novamente semeado milho nos dois sistemas.

Em maio de 2008 foi feito o segundo plantio de soja nos dois sistemas obedecendo às mesmas dosagens de adubos estabelecidas para o primeiro ciclo.

Ainda em 2008 após a retirada da soja cada subárea foi dividida em quatro blocos com área de 180 m² (60m x 3m) com espaçamento de 1,00 m entre blocos os quais foram divididos em quatro parcelas medindo 15 m x 3 m (45 m²), onde foi estabelecido e iniciado o sistema de rotação de culturas em PC e PD. Em cada subárea foi implantado os quatro tratamentos representado pelas rotações de culturas, definidos como SMCM, SQCMh, SBMM e SBCM, em dois sistemas de

manejo, com quatro repetições, em um delineamento em bloco inteiramente casualizado, conforme o esquema e Figura 2.

A área foi irrigada por um sistema de aspersão constituído de uma Linha principal e três linhas secundárias com cinco aspersores em cada uma.

Plantio Direto				Plantio Convencional			
SMCM	SBMM	SBCM	SQCMH	SQCMH	SBCM	SMCM	SBMM
SQCMh	SBCM	SMCM	SBMM	SMCM	SQCMh	SBMM	SBCM
SBMM	SMCM	SQCMH	SBCM	SBMM	SMCM	SQCMH	SBCM
SBCM	SQCMH	SBMM	SMCM	SBCM	SBMM	SQCMH	SMCM

SMCM: Soja → milho → (feijão + milho) → milho → soja. SQCMH: Soja → Quicuío → (feijão + milho) → milheto → soja. SBMM: Soja → braquiária → milho → milho → soja. SBCM: Soja → braquiária → (feijão + milho) → milho → soja.

Figura 2 - Esquema de distribuição aleatória dos tratamentos.

A área de savana adjacente à área do experimento serviu de referência da condição original do solo e as possíveis mudanças ocorridas pelos dois sistemas de manejo.

Em 2010 foram implantadas as culturas de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola* (Quicuío), além do feijão-caupi e do consórcio feijão caupi + milho.

Em agosto de 2011 as áreas foram novamente preparadas com a incorporação da fitomassa no plantio convencional (5 passagens) e dessecamento da vegetação na área de plantio direto. Nesta etapa aplicou-se 1.500 kg de calcário ha⁻¹ incorporado no plantio convencional e na superfície no plantio direto.

Utilizou-se na adubação de plantio superfosfato simples como fonte de fósforo (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), 80 kg ha⁻¹ de K, na forma de cloreto de potássio (KCl), e 40 kg N, tendo como fonte uréia. No dia quinze de setembro de 2011 foi semeado o milho e o milheto conforme estabelecidos na sequência.

Ao final da primeira quinzena de janeiro de 2012 foi realizada a colheita do milho e iniciou-se o preparo da área para o plantio da soja, com as operações de roçagem dos restos das culturas de milho e milheto nas duas áreas, utilizando uma roçadeira acoplada a trator.

Na área de plantio convencional os restos culturais foram incorporados ao solo com grade aradora e na área de plantio direto o material foi deixado para cobertura do solo conforme Figuras 3 A e B.



Figura 3 - Preparo da área com incorporação dos resíduos vegetais no plantio convencional (A) e roçagem do material em plantio direto (B).

No final da primeira quinzena de fevereiro de 2012, dez dias após o preparo da área foi realizado plantio de soja nas duas áreas, PC e PD, utilizando uma semeadora/aduladora própria para plantio direto.

Na cultura da soja não foi realizada adubação nitrogenada sendo que a demanda de N foi atendida através da inoculação das sementes (*Bradyrhizobium japonicum*).

Foi aplicado 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, 100 kg ha^{-1} K_2O na forma de cloreto de potássio (60% K_2O).

4.4. Coleta e preparo das amostras

Ao final do ciclo da cultura da soja foram coletadas três amostras simples em cada parcela para formar amostras compostas de solo nas profundidades de 0 – 5 cm; 5 – 10 cm; 10 - 20 cm e 20-40 cm, em todas as parcelas com três repetições por parcela. As amostras deformadas foram cuidadosamente retiradas, evitando o comprometimento da estrutura dos agregados para análise posterior. No momento da coleta, procurou-se estabelecer como área de amostragem o centro da parcela, excluindo 2,00 m nas extremidades e 1,00 m nas laterais para os dois tipos de amostras.

Ao coletar amostras deformadas para análises químicas e físicas utilizou-se trado, obedecendo aos limites das profundidades estabelecidas na pesquisa.

4.5. Análises químicas

Foram coletadas três amostras simples (subamostras) que foram homogeneizadas e formou-se uma amostra composta. As amostras foram secas ao ar (TFSA) e posteriormente procedeu-se o destorroamento e peneiramento em peneiras de malha 2,00 mm para preparar as amostras de análise química. Pesou-se 300 g de cada amostra dos respectivos tratamentos, repetições e camadas, no total de 144 amostras, que foram acondicionadas em sacos plásticos e enviadas ao laboratório de solos, onde foram realizadas as análises químicas de macronutrientes, carbono orgânico e nitrogênio.

Foi realizada análise P, K, Ca, Mg, pH, CTC, SB, v, m, N, CO nas profundidades de 0 – 0,05 m; 0,05 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m em cada parcela cultivada.

A determinação do pH foi realizada em água (1:2, 5 v/v), e em solução de KCl 1 mol L⁻¹, e medidos por potenciometria. Os cátions trocáveis foram extraídos em KCl 1 mol L⁻¹ determinados por absorção atômica. A acidez potencial determinada após extração com acetato de cálcio (0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0), sendo o H + Al quantificados por titulação com NaOH. P, K⁺ e Na⁺ foram extraídos pelo extrator Mehlich-1, determinando-se o K⁺ e o Na⁺ por fotometria de chama e o P por colorimetria (EMBRAPA, 1997).

A partir dos resultados obtidos do complexo sortivo foram calculados os valores para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T) e efetiva (t), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). O carbono orgânico foi determinado pelo método Walkley-Black e o nitrogênio total foi determinado por Kjeldahl (EMBRAPA, 1997).

4.6. Análises físicas

As análises de densidade do solo e agregados (DMP, DMG e EA) foram realizadas no laboratório de solos do Núcleo de Pesquisas Agrícolas (NUPAGRI) do Centro de Ciências Agrárias (CCA), UFRR.

Para análise de agregados, as amostras foram destorroadas manualmente de tal forma que não comprometesse a agregação. Utilizou-se as peneiras de 8,00 e 4,00 mm para separação das amostras de agregados retidos entre as duas peneiras. Os agregados retidos na peneira de 4,00 mm foram armazenados em sacos plásticos previamente identificados para separação via úmida (tamisação úmida).

4.6.1 Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada por meio do método do anel de volumétrico utilizando um equipamento modelo Sonda Terra.



Figura 4 - Retirada de amostras indeformadas de solo.

Ao coletar as amostras, as mesmas foram armazenadas em cápsulas de alumínio com peso conhecido e tampadas, evitando a perda de umidade. No laboratório as amostras foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 0,01g e posteriormente colocadas para secar em estufas com circulação de ar, regulada para uma temperatura 105°C, por 48 horas, até estabilizar a massa. Foram então retiradas e acondicionadas em dessecador para esfriar e em seguida foram novamente pesadas na mesma balança para determinação do peso seco e a umidade em peso, usando a seguinte equação conforme EMBRAPA (1997).

$D_s = M_{ss} / V_c$, onde:

D_s = densidade do solo (g cm^{-3});

M_{ss} = massa de solo seco em estufa a 105° C (gramas);

V = volume do cilindro (cm^3).

4.6.2 Resistência à penetração (Rp)

A resistência do solo à penetração foi determinada por medidor eletrônico de compactação de solo marca FALKER PLG1020 com ponta cônica de 30°, resolução de 5,00 cm, nas profundidades de 0,00 m a 0,40 m, com cinco repetições em cada parcela.

Utilizou-se a função desvio padrão da média para criação do gráfico o qual mostrou aumento da resistência do solo à penetração nos dois sistemas de manejo em comparação com a savana não cultivada.

4.6.3 Análise de agregados

A estabilidade de agregados foi obtida pelo método do tamisamento via úmida (MIKHA; RICE, 2004) utilizando aparelho de oscilação vertical marca MARCONI, modelo MA 148 e com os resultados calculou-se DMP e DMG e estabilidade de agregados.

Foram pesadas 03 amostras de agregados de 50 g, sendo que uma foi colocada em estufa a 105 °C por 24 horas para determinação da umidade e as outras duas foram utilizadas para tamisamento via úmida para separação das diferentes classes de agregados. Utilizou-se jogo de peneiras com malhas de 4,00 mm; 2,00 mm; 1,00 mm; 0,5 mm; 0,250 mm; 0,053 mm.

As cinco primeiras peneiras (4,00, 2,00, 1,00, 0,5 e 0,25 mm) foram dispostas uma sobre a outra de acordo com a sua malha e colocadas dentro de um cilindro no tanque do aparelho de oscilação vertical, de maneira que todo material que passasse pela peneira 0,25 mm (última peneira do jogo) fosse retirado no cilindro e assim pudesse ser novamente colocado sobre a peneira de menor malha 0,053 mm para quantificação.

Antes de iniciar o movimento de oscilação vertical, o material foi colocado sobre a peneira de 4,00 mm, umedecido por capilaridade por dez minutos, com adição de água lentamente até a cobertura total dos agregados (EMBRAPA, 1997).

O aparelho foi regulado para realizar 32 oscilações por minuto para um tempo de 10 minutos. Após transcorrer dez minutos de umedecimento ligou-se o aparelho de oscilação durante 10 minutos.

As frações de agregados retidos em cada peneira foram cuidadosamente transferidas para cápsulas de alumínio com peso conhecido utilizando jatos de água aplicados com uma piseta. Todo material que passou pela peneira 0,25 mm foi novamente colocado na peneira de 0,053 mm e quantificado quanto aos agregados retidos. As cápsulas com as frações de agregados foram colocadas em estufa com circulação de ar a 105 °C durante 24 horas.

Transcorrido este tempo, as mesmas foram retiradas e colocadas em dessecador e posteriormente pesadas em balança eletrônica com resolução de 0,01, obtendo assim o peso das diferentes frações de agregados.

Após a pesagem das diferentes frações de agregados retidos em cada peneira, as frações foram novamente colocadas em sacos plásticos e identificadas de acordo com seus respectivos tratamentos e profundidade, objetivando realizar a dispersão da argila e silte para determinação da percentagem de material primário (areia) em cada fração de agregados.

Efetuu-se o cálculo do percentual de cada classe de agregados, o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG), conforme metodologia EMBRAPA (1997).

4.6.4. Porcentagem de agregados estáveis em água por classe de tamanho

Este procedimento teve por objetivo quantificar os percentuais de agregados por classe (frações) retida em cada peneira. As frações de agregados resultante do processo de tamisação foram novamente pesadas, colocados em 100 ml de água deionizada e solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N por 12 horas. Após este período, as frações foram colocadas no copo do aparelho dispersor de argila marca tecknal modelo TE 147, e completou adicionando 200 ml de água. Em seguida, ligou-se o aparelho dispersor durante cinco minutos a dezoito mil rotações por minutos (rpm) para separar os materiais primários (areia).

Utilizou-se peneira de malha 0,053 mm. Após a quantificação da areia em cada fração de agregados, foi realizada o cálculo da relação proporcional areia/agregado e verificada a estabilidade de agregados por classe conforme (MKHAM; RICE, 2004).

4.7. Análises estatísticas

Realizou-se o teste de normalidade e homogeneidade e posteriormente a análise de variância utilizando Software Sisvar versão 5.3. A análise foi realizada seguindo esquema fatorial com dois fatores; fator 1 com quatro níveis representado pelas 4 camadas e fator 2 com nove níveis representada pelos tratamentos SMCM/2/3/4/PC, SMCM/2/3/4/PD e a savana, e quando o F foi significativo realizou-se o teste Tukey para comparação das médias a 5%. todos com quatro repetições.

Para construção do gráfico de resistência a penetração utilizou o software Sigma plot 11 utilizando os valores do desvio padrão.

Na análise de estabilidade de agregados foi considerado três fatores, sendo as quatro camadas, nove tratamentos e seis peneiras.

A análise da umidade foi realizada com os valores obtidos no momento em que se obteve a resistência a penetração e coleta de amostras de solo nas quatro profundidades.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise de variância

De acordo com a análise de variância, houve efeitos significativos para os fatores camada, tratamento e interação entre os dois fatores nos atributos físicos e químicos do solo (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância de CO, P, pH, K, Ca, Mg e N em quatro camadas do solo sob plantio convencional e plantio direto com rotação de culturas e savana não cultivada, na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013

FV	Quadrados médios							
	GL	CO	P	pH	K	Ca	Mg	N
Tatamentos	8	0,086**	5,88**	3,58**	1,97**	2,38**	0,32**	0,000272**
Camada	3	4,46**	60,18**	13,41**	64,71**	20,88**	1,85**	0,0154**
Cam x tratamento	24	0,052**	1,35**	0,36**	0,32**	0,26**	0,03**	0,000254**
Bloco	3	0,0059	0,57	0,41	1,40	0,19	0,02	0,000086
Residuo	105	0,014	0,36	0,12	0,67	0,055	0,009	0,000084
Total	143							
CV (%)		18,60	24,01	6,08	25,53	16,82	29,13	18,88

**-significativo a 1%; * significativo a 5%; ^{ns} não significativo. As Variáveis P e K foram transformadas utilizando a Raiz quadrada de $y + 0,05 - \text{SQRT}(y + 0,5)$.

Solos de savana são caracterizados por elevada acidez e saturação por alumínio, baixa quantidade de carbono orgânico, inferiores a 1%, e em alguns casos abaixo de 0,5% (MELO; GIANLUPPI; UCHOA, 2004), baixa capacidade de troca de cátions (CTC) (UCHÔA et al., 2009) e com a inserção dessas áreas no sistema produtivo, seja no plantio convencional ou plantio direto, ocorrem mudanças nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo resultados dos diferentes manejos adotados e das diferentes rotações de cultura que por sua vez afetaram diferentemente os atributos do solo conforme análise de variância (Tabela 1)

5.2. Carbono orgânico (CO) e nitrogênio (N).

Verificou-se diferenças significativas nos teores de CO, que foi influenciado pelos fatores camada e rotação de culturas e interação entre os dois fatores (Tabela 1).

Tabela 2 - Valores das médias gerais de CO em quatro camadas no PC, PD e Savana.

Tratamento	Camada				
	0-5	5-10	10-20	20-40	
PC	SMCM	9,9 Ba (+ 0,20)	5,6 Ab (+0,10)	4,1 Abc (+0,10)	3,0 Ac (+0,06)
	SQCMh	12,5 Aba (+ 0,15)	7,1 Ab (+0,10)	4,5 Ac (+0,10)	3,3 Ac (+0,08)
	SBMM	12,5 Aba (+ 0,25)	6,7 Ab (+0,16)	4,1 Ac (+0,10)	2,8 Ac (+0,04)
	SBCM	12,5 Aba (+ 0,20)	7,2 Ab (+0,07)	4,7 Ac (+0,09)	3,4 Ac (+0,04)
PD	SMCM	10,9 Aba (+0,16)	5,2 Ab (+0,27)	4,3 Ab (+0,07)	3,0 Ab (+0,06)
	SQCMh	11,8 Aba (+0,13)	7,4 Ab (+0,09)	5,2 Ac (+0,06)	3,6 Ac (+0,09)
	SBMM	12,0 Aba (+0,14)	5,8 Ab (+0,14)	4,7 Abc (+0,09)	3,4 Ac (+0,04)
	SBCM	13,4 Aba (+0,10)	7,4 Ab (+0,06)	4,6 Ac (+0,13)	4,1 Ac (+0,04)
Savana	SV	5,9 Cab (+0,06)	6,9 Aa (+0,07)	4,1 Abc (+0,04)	3,5 Ac (+0,07)

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Dp - Desvio padrão da média

Diferenças significativas foram observadas entre todas as camadas e o maior conteúdo de CO na camada 0-5 cm foi encontrado no tratamento SBCM do PD com 13,40 g kg⁻¹ CO, porém foram diferentes apenas do SMCM do PC e Savana.

Para verificar a distribuição do CO na camada 0-40 cm, calculou-se o percentual de distribuição do CO encontrado neste intervalo e verificou que 45,45% do CO estava concentrado na camada de 0-5 cm, 24,96 % na camada 5-10 cm com teores de 6,58 g kg⁻¹, na camada de 10-20 cm 17,07 % com 4,5 g kg⁻¹ e na camada 20-40 cm 12,52 % com teores de 3,3 g kg⁻¹ demonstrando o efeito da cobertura.

Entre as rotações de cultura o SMCM no PD e no PC proporcionou o menor teor de CO, mas não houve diferença significativa entre o SMCM e SBMM. Os tratamentos SQCMH, SBMM e SBCM não diferiram. Houve diferença significativa entre a savana não cultivada com os dois sistemas de manejo PC e PD na camada 0-5 cm, resultado do acúmulo de resíduos vegetais na superfície no PD e pela incorporação no PC.

Não houve diferença significativa entre os sistemas de manejo PC e PD, discordando os resultados obtidos por Costa et al. (2008), que ao pesquisar diferentes métodos de preparo do solo tais como, preparo reduzido e plantio direto com diferentes sistemas de culturas, após 18 anos de condução do experimento, verificaram que a adição diferenciada de resíduos vegetais ao solo afetou o estoque de carbono orgânico do solo, e constatou que o plantio convencional sempre apresentou menores teores de CO, enquanto o solo sob plantio direto cultivado com ervilha e milho atuou como dreno do carbono da atmosfera, fato relacionado com a grande quantidade de resíduos produzido pela cultura.

O fato de não ter havido diferenças entre os dois sistemas de manejo nos teores de CO pode estar relacionado ao tempo de implantação do experimento, que de acordo com Cassol (2003) as implicações sobre a dinâmica de nutrientes no solo sob plantio direto podem ser observadas após quatro anos ou mais de implantação do sistema dependendo do tipo de material vegetal e das condições edafoclimáticas principalmente.

Pereira et al. (2010) não verificaram interação entre as culturas e o sistema de manejo nos teores de carbono orgânico total mas verificaram maior variabilidade entre os sistemas de manejo, e segundo os autores à medida que aumentou a profundidade houve tendência de redução dos teores de CO.

Dentro do manejo PC, o tratamento SMCM na camada 0-5 cm apresentou o menor teor de carbono orgânico com diferença significativa entre os SQCMH, SBMM e SBCM os quais não se diferenciaram. No PD não houve diferença significativa entre o SMCM, SQCMH e SBMM, mas houve diferença significativa entre o SMCM e SBCM.

Nicolosso et al. (2008) estudando os efeitos do pisoteio de animal na pastagem e a contribuição das culturas no aporte de COT em sistema de integração lavoura pecuária ((SILP), verificaram que as diferentes culturas ao produziram quantidades diferentes de resíduos proporcionaram diferentes efeitos na adição de C ao solo e afirmaram que o efeito dos resíduos vegetais no CO é mais intenso na camada superficial do solo. Segundo os autores, a soja proporcionou um aporte de em torno de $2,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ uma média em todos tratamentos analisados, e o milho devido ao acúmulo de resíduo ao longo do tempo aumentaram progressivamente a quantidade de C e o milho, para cada 100 kg ha^{-1} de C, via matéria seca adicionada ao solo, incrementou $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de C .

A diferença significativa verificada entre o tratamento com SMCM/PC para os demais tratamentos pode estar relacionada à presença de quicuío e milheto no tratamento SQCMh e braquiária nos tratamentos SBMM e SBCM, culturas que não estavam na sequência de rotação do tratamento SMCM, podendo afirmar que os tratamentos que receberam quicuío, milheto e braquiária não diferiram.

Na análise da variável N verificou-se diferença significativa para o fator camada e manejo com maiores valores verificados no PD em relação ao PC (Tabela 6). Houve diferença significativa entre todas as camadas. Verificou-se estratificação

do N com concentração na camada 0- 5 cm, em termos percentuais 40,6% do total de N no intervalo de 0-40 cm estava concentrado na camada 0-5 cm, 24,76% na camada 5-10, 18,28% na camada 10-20 e 16,35% na camada 20-40 cm.

A maior concentração de N nas primeiras camadas é devido à presença da maior quantidade de matéria orgânica concentrada nessas camadas bem com pela fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja.

Tabela 3 - Valores das médias gerais de N em quatro camadas no PC, PD e Savana

Tratamento	Camada				
	0-5	5-10	10-20	20-40	
PC	SMCM	0,75 Aba ($\pm 0,02$)	0,47 Ab ($\pm 0,02$)	0,32 Ab ($\pm 0,01$)	0,32 Ab ($\pm 0,01$)
	SQCMh	0,72 Ba ($\pm 0,01$)	0,50 Ab ($\pm 0,01$)	0,37 Abc ($\pm 0,01$)	0,32 Ac ($\pm 0,01$)
	SBMM	0,95 Aa ($\pm 0,01$)	0,42 Ab ($\pm 0,01$)	0,32 Abc ($\pm 0,01$)	0,25 Ac ($\pm 0,01$)
	SBCM	0,72 Ba ($\pm 0,01$)	0,52 Ab ($\pm 0,01$)	0,35 Ac ($\pm 0,01$)	0,30 Ac ($\pm 0,01$)
PD	SMCM	0,87 Aba ($\pm 0,02$)	0,47 Ab ($\pm 0,01$)	0,40 Abc ($\pm 0,01$)	0,25 Ac ($\pm 0,01$)
	SQCMh	0,87 Aba ($\pm 0,01$)	0,57 Ab ($\pm 0,01$)	0,37 Ac ($\pm 0,01$)	0,35 Ac ($\pm 0,01$)
	SBMM	0,80 Aba ($\pm 0,01$)	0,52 Ab ($\pm 0,01$)	0,42 Abc ($\pm 0,01$)	0,30 Ac ($\pm 0,01$)
	SBCM	0,82 Aba ($\pm 0,01$)	0,50 Ab ($\pm 0,01$)	0,37 Abc ($\pm 0,01$)	0,32 Ac ($\pm 0,01$)
Savana SV	0,45 Ca ($\pm 0,01$)	0,40 Aa ($\pm 0,00$)	0,40 Aa ($\pm 0,01$)	0,32 Aa ($\pm 0,01$)	

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Dp- Desvio padrão da média

Geralmente em área de plantio direto, devido à ausência de revolvimento do solo, pode ocorrer maior variabilidade química e maior concentração de nutrientes e CO na superfície devido aos métodos de aplicação do fertilizante ou corretivo em sulcos no caso de adubos ou espalhados na superfície em se tratando de corretivos. (PAULETTI et al., 2009).

O aumento da matéria orgânica proporcionado pela adição de resíduos vegetais ou pela cobertura constante do solo com diferentes espécies promoveu alterações nos atributos do solo, sendo que há uma correlação linear positiva entre a matéria orgânica e os valores de pH e os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K^+ e, o o seu incremento promoveu redução da concentração de Al^{3+} corroborando com Pavinato; Merlin; Rosolen (2009).

O estoque de CO apresenta rápida queda quando o solo é submetido à preparo com intenso revolvimento, ou decorrente de perdas por erosão hídrica e oxidação microbiana reflete negativamente na CTC do solo e na complexação de elementos tóxicos como o alumínio (MENDONÇA, 1995).

O SPD tem provado que é uma alternativa para promover o aumento do estoque de CO no solo (D'ANDRÉA et al., 2004) fato que pode ser comprovado neste trabalho que, após cinco anos de instalação do plantio direto, o CO dentro do sistema aumentou significativamente em relação à savana natural.

5.3. Fósforo e Potássio

A dinâmica do P foi influenciado pelos fatores camada, tratamento conforme verifica-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores das médias gerais de P em quatro camadas no PC, PD e Savana

Tratamento	Camada				
	0-5	5-10	10-20	20-40	
PC	SMCM	1,42 Aa ($\pm 11,46$)	14,26 Ab ($\pm 9,49$)	3,05 Ac ($\pm 2,92$)	0,95 Ac ($\pm 0,58$)
	SQCMh	13,27 Ca ($\pm 3,52$)	7,37 ABab ($\pm 2,12$)	2,70 Ab ($\pm 1,50$)	1,87 Ab ($\pm 2,33$)
	SBMM	25,60 Aba ($\pm 11,94$)	11,97 Ab ($\pm 6,79$)	3,50 Ac ($\pm 2,57$)	2,75 Ac ($\pm 3,50$)
	SBCM	16,60 BCa ($\pm 5,84$)	5,05 ABb ($\pm 1,52$)	1,17 Ab ($\pm 0,22$)	0,70 Ab ($\pm 0,18$)
PD	SMCM	20,82 Ba ($\pm 5,28$)	6,67 ABb ($\pm 4,38$)	2,77 Ab ($\pm 0,96$)	1,50 Ab ($\pm 0,81$)
	SQCMh	18,22 BCa ($\pm 8,25$)	7,47 ABb ($\pm 5,24$)	2,65 Ab ($\pm 1,33$)	1,70 Ab ($\pm 0,29$)
	SBMM	31,95 Aa ($\pm 5,32$)	10,27 AB ($\pm 3,60$)b	4,90 Abc ($\pm 3,07$)	1,52 Ac ($\pm 0,98$)
	SBCM	18,72 BCa ($\pm 2,65$)	6,67 ABb ($\pm 2,63$)	3,57 Ab ($\pm 1,70$)	2,42 Ab ($\pm 0,93$)
Savana	SV	0,92 Da ($\pm 0,22$)	0,85 Ba ($\pm 0,06$)	0,52 Aa ($\pm 0,15$)	0,90 Aa ($\pm 0,48$)

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Dp- Desvio padrão da média

Os maiores teores foram verificados nos tratamentos SBMM e tratamento SMCM os quais não se diferenciaram, mas foram superiores aos tratamentos SQCMH e SBCM que não se diferenciaram, e o menor valor foi verificado no tratamento savana que se diferenciou de todos tratamentos, resultados que estão relacionados ao acúmulo de resíduos orgânicos adicionado ao solo de acordo com Amaral et al., (2004), favorece produção constante de ácidos orgânicos, os quais promovem a adição superficial de fósforo e segundo Sibanda e Young, (1986), o maior teor de matéria orgânica e a maior atividade microbiana na camada superficial, em geral, diminui a capacidade de adsorção, e a energia de ligação do fosfato aos grupos funcionais dos colóides inorgânicos do solo resulta em maior concentração de P na solução do solo (Scherer, 1993).

De acordo com Gatiboni et al. (2007), em solos com pouco P ou nenhuma outra fonte externa de fertilizante fosfatado, as formas orgânicas são as principais responsáveis pelo suprimento desse nutriente para as plantas. Neste sentido os teores de P verificados no solo nos dois sistemas de manejo é resultado da deposição de resíduos vegetais na superfície e pela ação das raízes que libera exudatos e pela sua decomposição ao longo do tempo.

Quanto aos fatores camada e rotação de culturas verificou-se na camada de 0-5 cm os maiores teores de P nos tratamentos SBMM PD e SMCM PC, sendo que não houve diferença estatística entre os dois tratamentos, mas foram significativamente superiores aos tratamentos SQCMH e SBCM PC e SMCM, SQCMH e SBCM PD. Os resultados encontrados são discordantes dos obtidos por Rheinheimer et al. (1998), onde o sistemas de cultivo convencional apresentaram os menores teores de P total em relação ao SPD na profundidade até 10 cm de profundidade.

As maiores concentração de teores de P nas camadas superficiais está relacionado com a adubação realizada na superfície do solo conforme Nunes et al. (2011), Cruz et al. (2009), Pavinato; Merlin; Rosolem (2009) e Tiecher (2011), e com sua baixa mobilidade que, segundo Santos; Gatiboni e Kaminski, (2008); Pavinato; Rosolen, (2008); Pauletti et al., (2009), o P em sistema de plantio direto tende a permanecer e acumular na superfície promovendo a saturação dos sítios de maior afinidade pelo elemento discordando dos resultados de Silveira et al. (2010) que encontraram maiores valores de P na camada subsuperficial.

A diferença nos teores de P entre os tratamentos tem relação com as espécies utilizadas na rotação de culturas, de acordo com Tiecher (2011) às plantas possuem diferentes capacidades de armazenar P ou liberar exsudatos orgânicos radiculares no solo em diferentes quantidades e profundidades promovendo aumento nos seus teores refletindo na neutralização do Al através da complexação do Ca e Mg na superfície que se movem para as camadas inferiores.

Em termos percentuais, de acordo com os resultados apresentados, do total de fósforo verificados na profundidade de 0,0 a 40 cm, 62,37% está concentrado na camada de 0 a 5 cm, 24,30% está na camada de 5 a 10 cm, 8,59% na camada de 10 a 20 e 4,75% na camada de 20 a 40 cm. Esses resultados podem estar associados a aplicação de fertilizantes e calcário, conforme estudo realizado por

Tokura et al.(2002), estudando a dinâmica de P e as alterações das formas de P em solos submetidos ao plantio direto por diferentes tempos de cultivo nas profundidades de 0-5 e 5-10 em solos sob plantio direto verificaram variações em profundidade principalmente nas áreas cultivadas e de acordo com os autores, as diferenças estão vinculadas ao cultivo e a aplicação de fertilizantes e calcário.

Ao comparar a profundidade de 0 a 20 cm, verifica-se que 65% do fósforo está concentrado na camada de 0 a 5 cm, 25,5% na camada de 5 a 10 cm e 9% na camada de 10 a 20 cm, demonstrando a maior concentração de P na camada superficial independentemente do tipo de manejo adotado. Resultados semelhantes foram encontrados por Nunes et al. (2011) e Tokura et al. (2002), que obtiveram tendência de redução do P à medida que aumentava a profundidade em áreas cultivadas.

Os resultados verificados nesta pesquisa diferem dos resultados obtidos por Cruz et al. (2009) que obtiveram maiores teores de P nos plantios direto e cultivo mínimo comparando ao plantio convencional, e verificaram também maior, teor de P na camada de 20 a 40 no plantio direto e, de acordo com os autores, a incorporação dos resíduos vegetais acelera o processo de mineralização do P diferentemente do que ocorre no plantio direto.

Cunha et al. (2011) comparando o plantio direto e convencional após quatro anos de implantação não obtiveram diferenças significativas nos atributos químicos do solo na camada de 0 a 10 cm entre os dois manejos.

Com relação ao potássio, de acordo com a análise de variância (Tabela 5), houve efeito significativo apenas para o fator camada. Verificou maiores teores na profundidade 0- 5 diferindo significativamente para as outras camadas as quais não se diferiram.

Os maiores teores de K verificados na camada superficial estão correlacionados com a maior concentração de matéria orgânica fato comprovado ao verificar que ao aumentar a profundidade diminuiu a matéria orgânica e redução brusca nos teores de K nas outras camadas corroborando com os resultados por Leite et al.(2006).

Tabela 5 - Valores das médias gerais de K em quatro profundidades no PC, PD e Savana

Tratamento	K (mg dm ⁻³)				
	0-5	5-10	10-20	20-40	
PC	SMCM	30,50 Aba ($\pm 12,79$)	9,75 Ab ($\pm 4,27$)	6,50 Ab ($\pm 1,29$)	5,50 Ab ($\pm 2,38$)
	SQCMh	27,25 Aba ($\pm 11,15$)	8,50 Ab ($\pm 1,73$)	5,00 Ab ($\pm 0,82$)	3,75 Ab ($\pm 0,96$)
	SBMM	33,50 Aa ($\pm 18,34$)	10,25 Ab ($\pm 2,99$)	7,50 Ab ($\pm 2,38$)	7,25 Ab ($\pm 2,50$)
	SBCM	23,50 Aba ($\pm 5,07$)	10,75 Aab ($\pm 2,63$)	8,00 Ab ($\pm 1,83$)	6,00 Ab ($\pm 1,41$)
PD	SMCM	21,50 Aba ($\pm 11,12$)	9,25 Aab ($\pm 7,23$)	5,00 Ab ($\pm 4,00$)	4,00 Ab ($\pm 1,15$)
	SQCMh	34,00 Aa ($\pm 24,87$)	10,25 Ab ($\pm 6,18$)	5,50 Ab ($\pm 3,00$)	4,25 Ab ($\pm 3,77$)
	SBMM	28,25 Aba ($\pm 18,23$)	9,75 Ab ($\pm 4,86$)	7,25 Ab ($\pm 5,32$)	4,75 Ab ($\pm 2,36$)
	SBCM	33,75 Aa ($\pm 12,87$)	9,00 Ab ($\pm 1,63$)	5,75 Ab ($\pm 2,22$)	4,00 Ab ($\pm 2,00$)
Savana SV	13,50 Ba ($\pm 7,23$)	6,50 Aa ($\pm 1,00$)	5,25 Aa ($\pm 8,50$)	1,50 Aa ($\pm 1,00$)	

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Dp- Desvio padrão da média

Os resultados estão de acordo com Cruz et al. (2009) que não verificaram diferenças significativas nos teores de K entre os manejos cultivo mínimo, plantio direto e plantio convencional e obtiveram baixo teores do nutriente no solo, mesmo tendo aplicado uma quantidade significativa do nutriente no plantio do milho, fato atribuído à possível absorção pela planta, perda de K pelo escoamento superficial ou lixiviação.

Este resultado está relacionado entre outros fatores, com as aplicações de fertilizantes e pela reciclagem do K presente nos restos culturais, aumento da CTC e do pH em função do incremento da matéria orgânica (MUZILLI, 2002; WENDLING et al., 2005), resultado semelhante ao obtido por Rosolem et al. (2006), que estudando a dinâmica do K em solo esgotado verificou que o K presente em palhas de milho associado ao fertilizante incrementou os teores de K não-trocável do solo até a camada de 8 cm.

De acordo com Carpin et al. (2008) e Rosolem, et al. (2007), o milho tem grande capacidade de acumular K na matéria seca e por não estar associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal é o nutriente com a mineralização e disponibilidade acelerada para as plantas em relação aos outros nutrientes, fato abordado por Silva et al. (2003), que ao analisar os teores de N e K no solo, afirmaram que o milho adicionou no solo 222 kg ha⁻¹ de N e 275 kg ha⁻¹ de K, resultados confirmados por Silveira et al. (2010) e Torres e Pereira (2008), que verificaram maior acúmulo de K em gramíneas sendo que o milho foi o que mais liberou K para o solo superando a braquiária, com tendência de proporcionar altos teores de K nas camadas mais profundas.

5.4. Cálcio, Magnésio e pH do solo

Os valores de cálcio trocáveis apresentaram diferença significativa entre as camadas e entre as rotações de cultura (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores das médias gerais de Ca e Mg pelo teste de Tukey em quatro camadas no PC, PD e Savana

Tratamento		Ca (cmol _c dm ⁻³)			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	2,41 Aa ($\pm 0,52$)	1,65 Ab ($\pm 0,35$)	0,91 Ac ($\pm 0,27$)	0,57 Abc ($\pm 0,20$)
	SQCMh	2,56 Aa ($\pm 0,41$)	1,78 Ab ($\pm 0,22$)	0,96 Ac ($\pm 0,38$)	0,55 Abc ($\pm 0,19$)
	SBMM	2,92 Aa ($\pm 0,33$)	1,84 Ab ($\pm 0,19$)	1,27 Ac ($\pm 0,11$)	0,99 Ac ($\pm 0,06$)
	SBCM	2,56 Aa ($\pm 0,32$)	1,72 Ab ($\pm 0,26$)	1,04 Ac ($\pm 0,23$)	0,74 Abc ($\pm 0,34$)
PD	SMCM	2,65 Aa ($\pm 0,22$)	1,68 Ab ($\pm 0,16$)	0,91 Ac ($\pm 0,13$)	0,66 Abc ($\pm 0,14$)
	SQCMh	2,52 Aa ($\pm 0,40$)	1,80 Ab ($\pm 0,20$)	0,96 Ac ($\pm 0,28$)	0,84 Ac ($\pm 0,12$)
	SBMM	2,61 Aa ($\pm 0,23$)	1,69 Ab ($\pm 0,22$)	1,00 Ac ($\pm 0,26$)	0,65 Abc ($\pm 0,21$)
	SBCM	2,66 Aa ($\pm 0,27$)	1,61 Ab ($\pm 0,11$)	1,00 Ac ($\pm 0,15$)	0,59 Abc ($\pm 0,07$)
Savana	SV	0,54 Ba ($\pm 0,04$)	0,43 Ba ($\pm 0,04$)	0,35 Ba ($\pm 0,05$)	0,29 Ba ($\pm 0,03$)
Tratamento		Mg (cmol _c dm ⁻³)			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	0,60 Ba ($\pm 0,17$)	0,42 Aa ($\pm 0,12$)	0,22 Ab ($\pm 0,13$)	0,10 ABb ($\pm 0,10$)
	SQCMh	0,70 Aba ($\pm 0,18$)	0,43 Ab ($\pm 0,09$)	0,19 Abc ($\pm 0,15$)	0,08 Abc ($\pm 0,07$)
	SBMM	0,84 Aa ($\pm 0,13$)	0,50 Ab ($\pm 0,08$)	0,37 Abc ($\pm 0,06$)	0,29 Ac ($\pm 0,06$)
	SBCM	0,81 Aba ($\pm 0,13$)	0,51 Ab ($\pm 0,08$)	0,32 Ac ($\pm 0,06$)	0,21 Abc ($\pm 0,10$)
PD	SMCM	0,63 Aba ($\pm 0,11$)	0,34 Ab ($\pm 0,06$)	0,16 ABbc ($\pm 0,06$)	0,06 Bc ($\pm 0,05$)
	SQCMh	0,67 Aba ($\pm 0,19$)	0,45 Ab ($\pm 0,14$)	0,27 Ac ($\pm 0,14$)	0,16 Abc ($\pm 0,15$)
	SBMM	0,69 Aba ($\pm 0,12$)	0,39 Ab ($\pm 0,05$)	0,21 ABbc ($\pm 0,06$)	0,08 Abc ($\pm 0,05$)
	SBCM	0,76 Aba ($\pm 0,09$)	0,40 Ab ($\pm 0,07$)	0,19 Abc ($\pm 0,08$)	0,05 Bc ($\pm 0,04$)
Savana	SV	0,017 Ca ($\pm 0,01$)	0,00 Ba ($\pm 0,00$)	0,00 Ba ($\pm 0,00$)	0,00 Ba ($\pm 0,00$)

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. \pm Desvio padrão da média

Não houve diferença significativa entre os tratamentos e verificou-se maiores teores de Ca e Mg na camada de 0-5 cm com diferença significativa para as demais camadas analisadas, resultado relacionados à aplicação superficial de calcário ou incorporado na camada arável, decomposição dos resíduos vegetais e a mineralização da matéria orgânica na superfície do solo corroborando com Pavinato; Merlin e Rosolem (2009) que verificaram acúmulo de Ca na camada 0-5 cm no e redução nas camadas inferiores.

O Mg no solo foi afetado pelos fatores tratamento e camada e pela interação entre os fatores rotação de cultura e camada.

O tratamento SMCM apresentou o menor teor de Mg com diferença significativa para o SBMM.

Os maiores teores de Mg foram verificados no plantio convencional onde o tratamento SBMM nas camadas 0-5, 10-20 e 20-40 cm e SBCM na camada 20-40 cm apresentaram maiores teores de Mg em relação ao PD nas referidas camadas.

Os teores de Ca e Mg no perfil do solo é relacionado entre outros fatores ao método de aplicação de calcário e Conforme Leal et al. (2008), a aplicação do calcário em superfície sem incorporação reduziu a acidez até a camada de 0-5 cm e quando houve incorporação promoveu efeitos até a profundidade de 20 cm. Esperava-se que a camada 0-5 cm no plantio direto pudesse apresentar teores superiores ao plantio convencional devido a não incorporação do calcário, porém, de acordo com Kaminski et al. (2005), quando não há revolvimento do solo, o Ca^{+2} e Mg^{+2} pode movimentar-se para camadas subsuperficiais através de dutos naturais aumentando o pH, V % e redução de m e de Al^{+3} nessas camadas.

Houve diferenças significativas nos valores de pH e verificou-se que o mesmo foi influenciado pelos fatores camada, tratamento conforme Tabela 1 resumo da análise de variância e Tabela 7. O maior valor de pH foi verificado na camada de 0-5 cm com decréscimo progressivo para as camadas inferiores com diferenças significativas entre todas camadas.

Tabela 7 - Valores das médias gerais de pH, pelo teste de Tukey em quatro camadas no PC, PD e Savana

Tratamento		pH			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	6,48 Aa (+0,47)	6,23 Aa (+0,35)	5,43 BCb (+0,68)	4,97 Bb (+0,41)
	SQCMh	6,75 Aa (+0,30)	6,27 Aa (+0,25)	5,29 BCb (+0,55)	4,89 Bb (+0,34)
	SBMM	7,15 Aa (+0,18)	6,86 Aab (+0,26)	6,64 Aab (+0,21)	6,29 Ab (+0,42)
	SBCM	6,78 Aa (+0,21)	6,52 Aab (+0,33)	6,03 ABbc (+0,63)	5,41 Bbc (+0,71)
PD	SMCM	6,72 Aa (+0,26)	6,17 Aa (+0,15)	5,40 BCb (+0,31)	4,91 Bb (+0,22)
	SQCMh	6,56 Aa (+0,24)	6,33 Aab (+0,28)	5,88 ABbc (+0,54)	5,35 Bbc (+0,57)
	SBMM	6,63 Aa (+0,25)	6,23 Aa (+0,28)	5,43 Ab (+0,41)	4,88 Bb (+0,18)
	SBCM	6,83 Aa (+0,22)	6,26 Aa (+0,19)	5,33 BCb (+0,20)	4,84 Bb (+0,11)
Savana	SV	4,97 Ba (+0,17)	4,79 Ba (+0,12)	5,01 Ca (+0,27)	4,94 Ba (+0,09)

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ± Desvio padrão da média

Quanto ao efeito de tratamento no pH, o tratamento SBMM promoveu maior valor diferenciando dos demais tratamentos SMCM, SQCMH e SBCM os quais não se diferenciaram.

Não houve diferença significativa entre as camadas 0-5 e 5-10 cm, mas observou-se uma redução entre todas as camadas com diferença significativa principalmente a partir da camada 10-20 cm.

Os maiores valores de pH verificados nas camadas superficiais 0-5 e 5-10 cm é resultado da aplicação de corretivos e fertilizantes na superfície do solo, a incorporação nas camadas subsuperficiais pela aração ou gradagem e pela contribuição da cobertura vegetal e de resíduos conforme Ernani et al. (2000); Cruz et al. (2009); Miguel et al. (2010); Pavinato (2007); Pavinato; Merlin e Rosolem (2009); Santos et al. (2011);

Contrastando com os resultados obtidos nesta pesquisa, Leite et al. (2010) encontraram pH mais elevado em plantio direto nas camadas 0-5 e 5-10 cm em relação ao plantio convencional e não verificaram diferenças nas camadas abaixo de 10 cm entre os diferentes manejos, e segundo os autores, os maiores valores de pH nas camadas superficiais se devem a concentração de bases trocáveis provenientes da adubação e correção.

5.5. Saturação por bases, soma de bases, capacidade de troca de cátions, Alumínio, saturação por alumínio e acidez potencial

De acordo com a análise de variância, V % e SB foi significativa para os fatores camada e tratamento e interação entre os dois fatores.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância de Al, H+ Al, SB, CTC, V, m, em função de diferentes tratamentos, savana não cultivada e camadas em Latossolo amarelo na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.

FV	Quadrados médios						
	GL	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
Tratamento	8	0,17**	3,42**	4,46**	0,59**	2890,66**	64,77**
Camada	3	0,70**	2,37**	37,05**	20,95**	92,47**	102,22**
Cam x tratamento	24	0,23**	0,18**	0,47**	0,27**	155,30**	4,20**
Bloco	3	0,000361	0,036	0,098	0,032	50,66	0,210
Resíduo	105	0,0059	0,10	0,10	0,093	57,25	1,96
Total	143						
CV (%)		9,58*	16,68	18,52	8,16	17,03	50,99

** significativo a 1%; * significativo a 5%

A Tabela 9 mostra os maiores valores de V %, SB e CTC obtidos nas quatro camadas com diferença significativa apenas para a savana não cultivada.

Quanto ao fator camada o maior valor de SB foi verificado na primeira camada com diferença significativa entre as quatro camadas (Tabela 9).

Entre os tratamentos, verificou-se o maiores valores de V nos tratamentos SBMM PC e SBCM PC nas camadas 10-20 e 20-40 diferindo dos demais tratamentos com diferença não significativa entre os mesmos (Tabela 9).

Resultados semelhantes na camada 0-5 e 5-10 foram encontrados por Benedetti et al. (2011) em Latossolo Amarelo e Gatiboni et al. (2003) e Leal et al. (2008), que ao aplicarem o calcário na superfície mantiveram a saturação por bases superior a 60% nos primeiros 7 cm e acima de 50% até 10 cm, acima de 40% até 20 cm e inferior a 30% abaixo de 40 cm.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos nas duas primeiras camadas, porém, nas camadas 10-20 e 20-40, observou-se comportamento diferente entre os tratamentos onde os tratamentos SBMM/PC e SBCM/PC apresentaram maiores valores de V e SB com diferença significativa em relação aos demais tratamentos na mesma profundidade.

O maior percentual de V e maiores valores de SB verificado nas duas primeiras camadas, é devido aos maiores teores de Ca, K e Mg nestas camadas, conforme Leal et al. (2008), a saturação por bases é influenciada por culturas e interação entre culturas e modo de aplicação do corretivo; pela deposição de resíduos vegetais na superfície (AMARAL et al. 2004).

Não houve diferença significativa nos valores de SB nas duas primeiras camadas entre as rotações de cultura no PD, mas houve diferença dentro do PC onde o tratamento SBMM apresentou maior valor de SB em relação ao tratamento SMCM. Na camada 20-40 cm em PC, os tratamentos tiveram comportamento diferentes onde verificou-se que o SBMM apresentou valor superior ao SMCM, no entanto este comportamento não foi verificado no PD para esta camada.

Houve correlação positiva entre os valores de V e SB com os teores de Ca, Mg e correlações negativas com a saturação por alumínio, Al e H + Al corroborando com trabalhos de pesquisas realizada por Valladares; Batistella e Pereira (2011) que estudando atributos da fertilidade do solo em Latossolo Amarelo distrocoeso,

verificaram altas correlações positivas do pH em H₂O e os teores de Ca, Mg e V e correlações negativas com o Al³⁺ e H⁺.

Tabela 9 - Valores das médias de V, SB e CTC em diferente tratamentos e camadas em Latossolo amarelo na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013

Tratamento		V%			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	65,30 Aa (±11,55)	53,37 Aa (±8,84)	34,27 Bb (±12,21)	23,35 BCb (±10,73)
	SQCMh	68,30 Aa (±5,33)	54,12 Ab (±5,95)	34,27 Bc (±11,58)	21,62 BCc (±8,11)
	SBMM	78,02 Aa (±4,84)	64,70 Aab (±5,30)	55,52 Ab (±2,48)	52,57 Ab (±5,21)
	SBCM	70,72 Aa (±4,24)	56,57 Ab (±8,59)	45,32 ABbc (±8,45)	37,72 Abc (±17,82)
PD	SMCM	72,42 Aa (±4,48)	50,27 Ab (±1,13)	34,05 Bc (±5,56)	24,27 BCc (±7,73)
	SQCMh	66,17 Aa (±6,38)	55,40 Aab (±5,05)	42,75 ABbc (±10,51)	33,10 Bc (±11,13)
	SBMM	69,97 Aa (±3,40)	52,37 Ab (±4,82)	33,57 Bc (±10,16)	23,00 BCc (±5,72)
Savana	SBCM	68,57 Aa (±7,93)	50,85 Ab (±7,38)	34,12 Bc (±5,43)	20,80 BCc (±2,87)
	SV	17,12 Ba (±1,69)	12,00 Ba (±0,61)	10,70 Ca (±1,94)	10,27 Ca (±2,05)

Tratamento		SB (cmol _c dm ⁻³)			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	3,09 Ba (±0,71)	2,10 Ab (±0,46)	1,15 Ac (±0,40)	0,69 Abc (±0,31)
	SQCMh	3,35 Aba (±0,55)	2,24 Ab (±0,28)	1,16 Ac (±0,52)	0,65 Abc (±0,26)
	SBMM	3,86 Aa (±0,49)	2,37 Ab (±0,25)	1,66 Ac (±0,15)	1,31 Ac (±0,03)
	SBCM	3,44 Aba (±0,46)	2,26 Ab (±0,32)	1,38 Ac (±0,29)	0,98 Abc (±0,43)
PD	SMCM	3,34 Aba (±0,23)	2,04 Ab (±0,18)	1,15 Ac (±0,17)	0,74 Abc (±0,19)
	SQCMh	3,28 Aba (±0,58)	2,28 Ab (±0,32)	1,48 Ac (±0,39)	1,01 Abc (±0,24)
	SBMM	3,38 Aba (±0,28)	2,11 Ab (±0,21)	1,23 Ac (±0,27)	0,75 Abc (±0,23)
Savana	SBCM	3,51 Aba (±0,32)	2,08 Ab (±0,14)	1,21 Ac (±0,22)	0,66 Abc (±0,11)
	SV	0,59 Ca (±0,05)	0,45 Ba (±0,04)	0,36 Ba (±0,08)	0,30 Ba (±0,03)

Tratamento		CTC (cmol _c dm ⁻³)			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	4,72 Aa (±0,30)	3,93 Ab (±0,33)	3,38 Abc (±0,18)	2,96 Abc (±0,16)
	SQCMh	4,86 Aa (±0,43)	4,14 Ab (±0,29)	3,26 Ac (±0,37)	3,00 Abc (±0,08)
	SBMM	4,93 Aa (±0,36)	3,67 Ab (±0,33)	3,98 Ac (±0,15)	2,51 Bc (±0,27)
	SBCM	4,86 Aa (±0,62)	4,01 Ab (±0,31)	3,06 Ac (±0,25)	2,65 Abc (±0,21)
PD	SMCM	4,61 Aa (±0,25)	4,07 Aa (±0,32)	3,40 Ab (±0,25)	3,09 ABb (±0,25)
	SQCMh	4,93 Aa (±0,50)	4,10 Ab (±0,29)	3,45 Ac (±0,18)	3,14 Abc (±0,31)
	SBMM	4,83 Aa (±0,27)	4,04 Ab (±0,24)	3,53 Abc (±0,28)	3,25 Ac (±0,39)
Savana	SBCM	5,13 Aa (±0,24)	4,03 Ab (±0,36)	3,53 Abc (±0,11)	3,19 Abc (±0,20)
	SV	3,49 Bab (±0,25)	3,75 Aa (±0,30)	3,38 Bab (±0,32)	2,97 ABb (±0,35)

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ± Desvio padrão da média

A Capacidade de troca de cátions (CTC) foi influenciada pelo fator camada com diferença significativa entre as quatro camadas e verificou-se maior valor na camada 0-5. Os tratamentos não promoveram diferenças significativas na CTC, mas com exceção da camada 0-5 e 5-10 que não apresentaram diferença entre os dois manejos, nas camadas 10-20 e 20-40 os tratamentos SBMM e SBCM no plantio direto apresentou diferença significativa na variável CTC onde o plantio direto foi superior ao plantio convencional.

Os maiores valores de CTC observado nas primeiras camadas tem relação direta com a presença da matéria orgânica e pela aplicação de corretivos; de acordo com Cruz et al. (2009); Marques et al. (2006); Ronquim (2010), os diferentes valores de CTC em diferentes camadas estão relacionados com a presença da matéria orgânica que promove aumento das cargas negativas do solo ou pela diminuição da atividade do íon H^+ na solução do solo.

Os diferentes valores de CTC observados na mesma profundidade entre os tratamentos estão relacionados com a espécie de acordo com Leal et al. (2008) cada planta apresenta diferentes especificidades, bem com diferentes volumes de raízes e profundidade alcançada e afeta de forma diferente a quantidade de nutrientes absorvido e no volume de matéria seca produzida.

De acordo com a análise de variância as variáveis Al, m % e H^+ Al foram influenciados pelos fatores camada, tratamento e interação entre os dois fatores (Tabela 8). Tanto no plantio convencional quanto no plantio direto o Al foi totalmente neutralizado nas profundidades 0-5 e 5-10 cm, refletindo direto nos m % que apresentou neutralização total nas duas primeiras profundidades com exceção do tratamento SMCM que apresentou neutralização total apenas na camada 0-5 Tabela 14, fato que está relacionado à presença do Ca, Mg e a matéria orgânica do solo proveniente dos resíduos vegetais contribuindo na redução de H^+ Al nas duas primeiras camadas sendo este resultado semelhante ao encontrado por Gatibonii et al., (2003); Melo et al., (2006).

Verificou-se uma correlação negativa entre o pH, Ca e Mg, CTC e SB e as variáveis da acidez do solo, a medida que aumentou os seus valores houve redução das variáveis Al, m, H^+ Al, sendo que na camadas mais profundas os teores de Ca e Mg foram baixos e o Al e outras variáveis como m, H^+ Al foram elevados, corroborando com os resultados de Nolla; Schindwein e Anghinoni (2006) e Ernani et al. (2000).

Nas camadas 10-20 e 20-40 cm houve aumento progressivo de H^+ Al, Al^{3+} e m %, fato relacionado a pouca mobilidade do Ca e Mg para as camadas inferiores, semelhante aos resultados encontrados por Carneiro et al.(2009) que estudaram diferentes sistemas de manejo em Latossolo de cerrado e encontraram maior valor de H^+ Al e Al^{3+} e menor concentração de Ca, Mg e P em comparação com áreas manejadas.

Tabela 10 - Valores das médias de Al, H+ AL, m em diferentes tratamentos e camadas em Latossolo amarelo na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.

Tratamento		Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	0,00 Bb	0,02 Bb	0,22 Bab (±0,17)	0,44 ABCa (±0,30)
	SQCMh	0,00 Bb	0,00 Bb	0,21 Bb (±0,15)	0,53 Aba (±0,30)
	SBMM	0,00 Ba	0,00 Ba	0,00 Ba (±0,0)	0,00 Da (±0,0)
	SBCM	0,00 Ba	0,00 Ba	0,02 Ba (±0,05)	0,19 CDa (±0,33)
PD	SMCM	0,00 Bb	0,00 Bb	0,14 Bab (±0,17)	0,34 BCa (±0,20)
	SQCMh	0,00 Ba	0,00 Ba	0,02 Ba (±0,05)	0,22 CDa (±0,28)
	SBMM	0,00 Bb	0,00 Bb	0,19 Bab (±0,23)	0,36 ABCa (±0,22)
	SBCM	0,00 Bb	0,00 Bb	0,15 Bb (±0,06)	0,44 ABCa (±0,13)
Savana SV	0,46 Ab (±0,15)	0,63 Aab (±0,05)	0,80 Aab (±0,10)	0,66 Aa (±0,09)	
Tratamento		m (%)			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	0,00 Bb	1,10 Bb (±2,2)	17,45 Bb (±12,69)	39,07 BCa (±26,74)
	SQCMh	0,00 Bb	0,00 Bb	18,32 Bb (±12,35)	44,50 Aba (±24,78)
	SBMM	0,00 Ba	0,00 Ba	0	0,00 Da
	SBCM	0,00 Ba	0,00 Ba	2,20 Ba (±4,4)	17,12 CDa (±27,47)
PD	SMCM	0,00 Bb	0,00 Bb	10,82 Bb (±12,56)	31,40 BCa (±18,08)
	SQCMh	0,00 Ba	0,00 Ba	2,22 Ba (±4,45)	17,12 CDa (±21,54)
	SBMM	0,00 Bb	0,00 Bb	14,00 Bab (±16,17)	32,87 BCa (±19,86)
	SBCM	0,00 Bb	0,00 Bb	11,35 Bb (±5,12)	39,57 BCa (±9,95)
Savana SV	42,97 Ab (±9,26)	58,50 Aab (±2,68)	69,02 Aa (±4,33)	68,57 Aa (±3,70)	
Tratamento		H+Al (cmol _c dm ⁻³)			
		0-5	5-10	10-20	20-40
PC	SMCM	1,62 Bb (±0,46)	1,82 Bab (±0,33)	2,22 Bab (±0,46)	2,27 Aba (±0,37)
	SQCMh	1,52 Bb (±0,15)	1,90 Bab (±0,29)	2,10 Bab (±0,24)	2,35 Aba (±0,21)
	SBMM	1,07 Ba (±0,21)	1,30 Ba (±0,24)	1,32 Ca (±0,05)	1,20 Ca (±0,27)
	SBCM	1,42 Ba (±0,29)	1,75 Ba (±0,42)	1,67 BCa (±0,30)	1,67 BCa (±0,59)
PD	SMCM	1,27 Bb (±0,24)	2,02 Ba (±0,15)	2,25 Ba (±0,31)	2,35 Aba (±0,38)
	SQCMh	1,65 Ba (±0,19)	1,82 Ba (±0,15)	1,97 BCa (±0,35)	2,12 Aba (±0,53)
	SBMM	1,45 Bb (±0,17)	1,92 Bab (±0,24)	2,30 Aba (±0,54)	2,50 Aa (±0,34)
	SBCM	1,62 Bb (±0,47)	2,00 Bab (±0,45)	2,32 Aba (±0,15)	2,52 Aa (±0,15)
Savana SV	2,90 Ab (±0,24)	3,30 Aab (±0,27)	3,02 Aab (±0,30)	2,67 Aa (±0,38)	

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ± Desvio padrão da média

Os menores valores de H+Al, de m % e Al³⁺ verificado nas primeiras profundidades principalmente na profundidade 0-5 cm está relacionado com corretivo aplicado na superfície ou incorporado na camada arável, como também pela presença de matéria orgânica nas camadas superficiais, favorecendo o aumento o pH nessas primeiras profundidades e redução nas maiores profundidades refletindo no aumento do Al e de m, diminuição da CTC e aumento do H+Al (GATIBONI et al., 2003).

Além da ação do Ca e Mg, uma das hipóteses que justifica as diferenças nos atributos químicos do solo nas rotações de cultura dentro e entre os manejos

verificados na pesquisa pode estar vinculados à capacidade de produção de ácidos orgânicos exsudados pelas raízes das diferentes espécies cultivadas ou pela presença de fosfatos provenientes dos adubos ou da decomposição dos resíduos vegetais, de acordo com Gatiboni et al. (2003); Ernani et al., (2000), os resíduos de culturas interferem no Al do solo através da liberação do Ca presente no corretivo que se associa a compostos orgânicos hidrossolúveis e migram para as camadas mais profundas onde o Ca é trocado pelo Al resultando na sua diminuição na solução do solo podendo ter efeito nos teores e na saturação até 60 cm de profundidade.

5.6. Atributos físicos

5.6.1 Densidade solo

A Tabela 11 mostra que a densidade do solo, DMG e DMP foram afetados pelos fatores tratamento e camada, e houve interação entre os dois fatores na variável DMP.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância de Densidade, DMP, DMG em função de diferentes tratamentos e camadas na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.

FV	Quadrados médios			
	GL	Densidade	DMP	DMG
Tratamento	8	0,007**	2,00**	6,68**
Camada	3	0,115**	9,69**	113,64**
Cam x Tratamento	24	0,001ns	0,25**	0,93ns
Bloco	3	0,0009	0,34	4,20
Resíduo	105	0,001	0,081	1,043
Total	143			
CV		2,23	14,89	27,52

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo

Os tratamentos SBCM PC e SV que apresentaram menor densidade na profundidade de 0-5 cm, com diferença significativa para os demais tratamentos mas houve interação entre os fatores tratamento e camada. Houve diferença significativa entre as camadas e a maior densidade foi registrada na camada 5-10 cm em todos

tratamentos. O plantio direto SBMM na camada de 10-20 apresentou a menor densidade diferindo estatisticamente entre os tratamentos SQCMh e SMCM.

Tabela 12 - Média de valores de densidade do solo em diferentes tratamentos e camadas na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.

Tratamento	Densidade (g cm ⁻³)				
	0-5	5-10	10-20	20-40	
PC	SMCM	1,47 Abba (±0,05)	1,50 Aba (±0,02)	1,45 Aa (±0,03)	1,34 Ab (±0,04)
	SQCMh	1,45 ABb (±0,03)	1,54 Aa (±0,02)	1,48 Ab (±0,01)	1,37 Ac (±0,04)
	SBMM	1,48 Aab (±0,03)	1,54 Aa (±0,04)	1,48 Ab (±0,03)	1,39 Ac (±0,03)
	SBCM	1,40 Bbc (±0,03)	1,51 Aa (±0,02)	1,43 ABb (±0,03)	1,34 Ac (±0,01)
	SMCM	1,43 ABab (±0,03)	1,49 Aba (±0,01)	1,46 Aa (±0,02)	1,38 Ab (±0,02)
PD	SQCMh	1,45 Aba (±0,05)	1,49 Aba (±0,02)	1,44 Aa (±0,02)	1,35 Ab (±0,03)
	SBMM	1,43 ABab (±0,03)	1,47 Aba (±0,01)	1,38 Bbc (±0,05)	1,34 Ac (±0,04)
	SBCM	1,44 ABab (±0,03)	1,50 Aba (±0,0)	1,42 ABbc (±0,05)	1,36 Ac (±0,04)
Savana SV	1,40 Bab (±0,05)	1,46 Ba (±0,03)	1,42 ABab (±0,04)	1,38 Ab (±0,02)	

Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey

a 5%. (±) Desvio padrão da média

O resultado é semelhante ao encontrado por Marcolan e Anghinoni (2006) que estudaram o efeito de diferentes métodos de preparo do solo nos atributos físicos do solo e verificaram menor densidade no plantio direto na camada 0,0 a 0-2,5 cm, no entanto o plantio convencional apresentou mais homogeneidade na densidade. Mas de acordo com os autores, após quatro anos de revolvimento do solo para a implantação do plantio direto houve tendência dos atributos físicos voltarem a sua condição natural. Segundo os autores, a menor densidade do solo na camada superficial é atribuída ao efeito da matéria orgânica acumulada na superfície do solo, fato confirmado por Assis e Lanças (2005) e por Carneiro et al.(2009) que pesquisaram efeito de diferentes sistemas de manejo e concluíram que o aumento nos teores de carbono orgânico contribuiu no aumento da densidade do solo

5.6.2 Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG)

O DMP foi afetado isoladamente pelos fatores camada, rotação de culturas, manejo e houve interação entre os fatores camada e manejo (Tabelas 10 e 11).

Houve diferença significativa entre os sistemas de manejo no valor do DMP que verificou maior valor no PC em relação ao PD com valores 2,25 mm e 1,57 mm com diferença significativa entre todas as camadas, com valores inversos à

profundidade, e pode-se concluir que os diferentes sistemas de manejos, PC e PD, com diferentes rotações de culturas afetam de forma diferente os agregados do solo nas diferentes camadas.

Tabela 13 - Média de valores de DMP e DMG em diferentes tratamentos e camadas na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.

Tratamento	DMP (mm)				
	0-5	5-10	10-20	20-40	
PC	SMCM	2,81 Aba ($\pm 0,58$)	2,45 ABCa ($\pm 0,66$)	1,71 ABCb ($\pm 0,27$)	1,27 ABCb ($\pm 0,41$)
	SQCMh	3,33 Aa ($\pm 0,32$)	3,00 Aa ($\pm 0,36$)	1,81 ABCb ($\pm 0,24$)	1,34 ABCb ($\pm 0,21$)
	SBMM	3,24 Aa ($\pm 0,20$)	2,48 ABCb ($\pm 0,47$)	1,97 ABb ($\pm 0,17$)	1,44 ABCc ($\pm 0,34$)
	SBCM	2,79 Aba ($\pm 0,41$)	2,67 Aba ($\pm 0,21$)	2,00 Ab ($\pm 0,39$)	1,74 Ab ($\pm 0,36$)
PD	SMCM	2,04 Ca ($\pm 0,17$)	1,47 Db ($\pm 0,53$)	1,35 BCb ($\pm 0,20$)	1,06 Cb ($\pm 0,07$)
	SQCMh	1,93 Ca ($\pm 0,34$)	1,79 Da ($\pm 0,30$)	1,49 ABCab ($\pm 0,31$)	1,10 BCb ($\pm 0,07$)
	SBMM	2,03 Ca ($\pm 0,21$)	1,75 Dab ($\pm 0,21$)	1,24 Cbc ($\pm 0,04$)	1,10 Abc ($\pm 0,17$)
	SBCM	2,18 BCa ($\pm 0,10$)	1,90 CDab ($\pm 0,16$)	1,51 ABCbc ($\pm 0,09$)	1,24 ABCc ($\pm 0,27$)
Savana SV	2,12 Ca ($\pm 0,13$)	2,05 BCDa ($\pm 0,17$)	1,83 ABCa ($\pm 0,11$)	1,73 Aba ($\pm 0,09$)	

Tratamento	DMG (mm)				
	0-5	5-10	10-20	20-40	
PC	SMCM	5,10 Aa ($\pm 1,98$)	4,03 Aba ($\pm 1,76$)	2,13 ABb ($\pm 0,30$)	1,72 Ab ($\pm 0,51$)
	SQCMh	7,01 Aa ($\pm 1,54$)	5,57 Aa ($\pm 1,48$)	2,28ABb ($\pm 0,53$)	1,73 Ab ($\pm 0,24$)
	SBMM	6,24 Aa ($\pm 0,61$)	3,89 ABb ($\pm 1,30$)	2,62ABbc ($\pm 0,33$)	1,86 Ac ($\pm 0,44$)
	SBCM	4,91 Aa ($\pm 1,38$)	4,45 ABab ($\pm 0,66$)	2,78AB Bc ($\pm 0,69$)	2,33 Ac ($\pm 0,67$)
PD	SMCM	5,60 Aa ($\pm 1,79$)	3,04 Bb ($\pm 1,24$)	1,95Bb ($\pm 0,33$)	1,54 Ab ($\pm 0,08$)
	SQCMh	5,61 Aa ($\pm 2,18$)	4,09 ABab ($\pm 1,85$)	2,99ABbc ($\pm 1,68$)	1,69 Ac ($\pm 0,32$)
	SBMM	5,25 Aa ($\pm 1,36$)	3,67 ABab ($\pm 0,94$)	1,81Bbc ($\pm 0,13$)	1,62 Ac ($\pm 0,32$)
	SBCM	6,71 Aa ($\pm 0,64$)	4,38 ABb ($\pm 0,45$)	2,67ABbc ($\pm 0,68$)	1,89 Ac ($\pm 0,54$)
Savana SV	6,86 Aa ($\pm 1,13$)	5,93 Aab ($\pm 0,54$)	4,31Abc ($\pm 0,84$)	3,45 Ac ($\pm 0,59$)	

Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. \pm - Desvio padrão

Os maiores valores de DMP e DMG foram verificados nas profundidades 0-5 e 5-10 cm em função do maior teor de matéria orgânica presente nestas camadas, corroborando com os resultados obtidos por Lima et al. (2003) que verificaram que o DMP correlacionou-se positivamente com o carbono orgânico do solo.

Mesmo que a maioria das pesquisas tenha demonstrado que os sistemas convencionais de cultivo resultam em maior desagregação do solo em relação ao plantio direto, não foi observado este resultado nesta pesquisa. Talvez pelo fato de durante o preparo da área no plantio convencional ter sido incorporado uma grande quantidade de resíduos vegetais, tenha criado uma condição favorável para uma maior agregação do solo resultando em maior quantidade de agregados estáveis no plantio convencional com diferença significativa conforme a análise de variância.

Outra hipótese que deve ser considerada é que a formação dos agregados ocorre por meio de interações de fatores relacionados à agregação das partículas, fato que acontece de maneira gradual e ao longo do tempo da adoção do plantio direto, e de outra forma poderá ter acontecido no plantio convencional, que apresentou valores de DMP superior ao plantio direto, é que os agregados formados não seja resultado apenas por fatores relacionados aos processos naturais de formação de agregados e sim uma associação desses fatores com forças de compressão provocadas pelas passagens da máquina durante o preparo da área, contribuindo não apenas na união das partículas pela compressão como também no aumento da densidade do solo verificado pela análise de variância e teste de média, hipótese confirmada por Silva e Mielniczuk (1998), que afirmaram que os solos quando são submetidos ao processo de mecanização ocorre compressão das partículas resultando na formação de agregados por força mecânica sem participação dos agentes agregantes naturais que atuam na formação dos agregados.

Segundo Viana, Filho e Schaefer (2004), o conhecimento dos mecanismos que governam a formação e estabilidade de agregados, em particular os solos tropicais, a partir de ciclos umedecimento e secagem ainda são incipientes. De acordo com Oliveira (1992) e Oliveira (1994), a estabilidade de agregados submetidos aos ciclos de umedecimento e secagem promove o surgimento de camadas adensadas.

Entre as rotações de cultura o menor valor de DMG foi verificado no SMCM, porém houve diferença apenas em relação ao SQCMH que apresentou o maior valor de DMG conforme Tabela 13.

As variações de DMP e DMG verificados entre os tratamentos em diferentes camadas, de acordo com Silva et al. (2008); Marcolan; Anghinon, (2006); Wohlenberg et al. (2004), Favaretto; Machado, (2006), tem relação com as diferentes espécies utilizadas na cobertura do solo, de acordo com suas especificidades promovem diferentes aportes de resíduos com diferentes substâncias orgânicas, fatores que associados ao sistemas de manejo afetam diretamente as propriedades estruturais do solo

Na camada de 5-10, o SQCMH que recebeu o milho e quicuío apresentou o maior valor de DMP, resultado semelhante encontrado por Silva et al. (2008) que

estudando o efeito de diferentes espécies de plantas de cobertura nos atributos físicos do solo verificaram que o sorgo e o milho proporcionaram maior valor de DMP em relação às outras espécies utilizadas como cobertura e afirmou que as duas espécies apresentam grande capacidade na formação e estabilização de agregados do solo.

5.6.3 - Estabilidade de agregados e percentual de agregados por classe

De acordo com a análise de variância (Tabela 12) houve efeito dos fatores peneira, tratamento, camada e interação dupla e tripla entre os todos fatores.

Tabela 14 – Resumo da análise de variância de percentual de agregados por classe em função de diferente sistema de manejo, rotação de culturas e camada em Latossolo amarelo na savana de Roraima, Boa Vista-RR, 2013.

FV	GL	Quadrado médio
Bloco	3	0,68ns
Peneira	5	418,37**
Tratamento	8	3,18**
Camada	3	19,57 **
Peneira x Tratamento	40	3,93 **
Peneira x Camada	15	32,34 **
Tratamento x camada	24	32,33*
Peneira x Tratamento x Camada	120	0,53**
Resíduo	741	0,30
Total	959	
CV	14,88	

Diversas pesquisas apontam que a incorporação dos resíduos vegetais nos sistemas convencionais de cultivo provoca a redução da matéria orgânica devido a acelerada decomposição proporcionada pelo contato direto do material com o solo facilitando a ação dos microrganismos (MUZILLI, 2002; CASTRO FILHO et al., 1998).

De maneira geral pode-se observar que entre as classes de tamanho de agregados as maiores porcentagens de agregados >4 mm ocorreram em todos os tratamentos e manejos nas camadas 0-5 e 5-10 cm. A Tabela 15 mostra que a medida que houve aumento da profundidade houve redução do percentual de agregados >4,00 mm e aumento nas classes <4,00 principalmente os agregados entre as classes <1,00 mm.

A porcentagem de agregados >4,00 mm não foi diferente entre os tratamentos. Por meio de comparação das médias não se houve efeito significativo proporcionado pelas tratamentos na estabilidade dos agregados. Na camada 0-5 cm a porcentagem de agregados das classes >4,00 mm; 4-2,00 mm; 2,00-1,00 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e 0,25-0,053 mm foram 68,45, 11,86, 3,37, 3,68, 4,38 5,20, 5,8 e 2,54% respectivamente.

A maior concentração de agregados de maior tamanho nas duas primeiras camadas tem relação com os resíduos vegetais na superfície ou incorporados, que proporcionam a adição de matéria orgânica, componente fundamental na agregação do solo, por meio de moléculas orgânicas, hifas de fungos, mucilagens e raízes resultados também obtidos por Melo et al., (2005); e por Castro Filho; Muzilli e Podanoschi, (1998) ao afirmarem que, com o aumento da profundidade ocorre redução da matéria orgânica e simultaneamente a diminuição da agregação do solo devido à redução dos agentes cimentantes proporcionados pela matéria orgânica, resultando no aumento dos agregados menores e redução dos agregados maiores.

Tabela 15 – Estabilidade de agregados estáveis em água por classe em diferentes tratamentos, camadas

Tratamento		Camada 0-5 cm					
		Diâmetros de peneiras (mm)					
		4,00	2,00	1,00	0,50	0,25	0,053
PC	1	60,01 Ca	13,64 Ab	3,97 Ab	4,95 Ab	5,65 Ab	9,50 Ab
	2	76,84 Aa	9,50 Ab	1,82 Ab	2,12 Ab	2,68 Ab	4,11 Ab
	3	73,33 Aba	12,18 Ab	2,61 Ab	3,46 Ab	3,46 Ab	3,39 Ab
	4	61,70 BCa	12,57 Ab	3,54 Ab	4,51 Ab	7,24 Ab	7,37 Ab
PD	1	69,90 ABCa	12,11 Ab	4,46 Ab	4,72 Ab	4,04 Ab	4,46 Ab
	2	66,40 ABCa	13,72 Ab	4,72 Ab	4,08 Ab	4,88 Ab	4,74 Ab
	3	70,54 ABCa	11,89 Ab	3,71 Ab	3,96 Ab	4,32 Ab	4,63 Ab
	4	68,85 ABCa	9,26 Ab	2,11 Ab	2,33 Ab	2,74 Ab	3,40 Ab
Savana		77,14 Aa	9,81 Ab	1,56 Ac	2,07 Abc	2,78 Abc	3,12 Abc
Tratamento		Camada 5-10 cm					
		Diâmetros de peneiras (mm)					
		4,00	2,00	1,00	0,50	0,25	0,053
PC	1	52,45 CDEa	13,78 Ab	5,85 Ab	7,35 Ab	8,75 Ab	7,54 Ab
	2	69,19 Aba	9,81 Ab	4,23 Ab	4,88 Ab	5,25 Ab	5,99 Ab
	3	46,44 DEa	13,98 Ab	6,92 Ab	12,07 Ab	9,58 Ab	8,24 Ab
	4	58,07 BCDA	12,31 Ab	4,53 Ab	5,48 Ab	5,41 Ab	7,15 Ab
PD	1	44,14 Ea	17,66 Ab	9,28 Ab	9,59 Ab	9,17 Ab	7,80 Ab
	2	50,07 DEa	16,62 Ab	8,55 Ab	8,40 Ab	7,66 Ab	6,75 Ab
	3	49,93 DEa	17,08 Ab	7,42 Ab	9,06 Ab	6,64 Ab	7,14 Ab
	4	63,76 BCa	14,48 Ab	4,90 Ab	5,01 Ab	4,87 Ab	4,77 Ab
Savana		68,33 Aa	15,47 Ab	3,09 Ac	3,97 Bc	3,47 Bc	3,67 Ac
Tratamento		Camada 10-20 cm					
		Diâmetros de peneiras (mm)					
		4,00	2,00	1,00	0,50	0,25	0,053
PC	1	34,73 BCa	15,37 Ab	9,59 Ab	12,43 ABb	13,04 ABb	11,98 Ab
	2	39,49 Ba	14,31 Ab	6,98 Ab	13,50 ABb	10,69 ABb	12,29 Ab
	3	39,70 Ba	14,73 Ab	9,08 Ab	11,26 ABb	12,92 ABb	9,16 Ab
	4	40,07 Ba	15,31 Ab	8,20 Ab	8,15 ABb	12,60 ABb	10,41 Ab
PD	1	26,22 CDa	14,10 Ab	11,46 Ab	16,54 Aab	15,64 Aab	11,03 Ab
	2	37,41 BCa	14,57 Ab	11,91 Ab	12,43 ABb	12,75 ABb	10,69 Ab
	3	22,36 Da	14,79 Aa	11,91 Aa	15,77 Aa	18,58 Aa	13,36 Aa
	4	44,21 Ba	15,18 Ab	8,37 Ab	11,78 ABb	10,59 ABb	7,61 Ab
Savana		68,33 Aa	15,47 Ab	3,09 Ac	3,97 Bc	3,47 Bc	3,67 Ac
Tratamento		Camada 20-40 cm					
		Diâmetros de peneiras (mm)					
		4,00	2,00	1,00	0,50	0,25	0,053
PC	1	15,66 Cab	10,37 Aab	7,67 Ab	14,94 Aab	19,85 Aa	18,31 Aab
	2	22,56 BCa	11,29 Abc	8,17 Ac	15,21 Aabc	21,58 Aab	16,87 Aabc
	3	25,19 BCa	11,39 Ab	9,76 Ab	16,24 Aab	19,43 Aab	14,24 Aab
	4	32,63 Aba	12,39 Ab	7,26 Ab	14,50 Ab	15,39 Ab	15,02 Ab
PD	1	17,68 Ca	10,70 Aa	9,94 Aa	19,15 Aa	20,87 Aa	18,85 Aa
	2	22,90 BCa	11,66 Abc	8,11 Ac	19,61 Aab	16,04 Aabc	14,13 Aabc
	3	19,84 Cab	11,46 Aab	9,23 Ab	16,36 Aab	20,84 Aa	17,95 Aab
	4	31,92 Aba	13,61 Ab	10,05 Ab	16,44 Ab	17,91 Ab	13,18 Ab
Savana		38,63 Aa	16,13 Ab	7,81 Ac	11,32 Abc	11,57 Abc	8,16 Ac

Letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

5.6.4. Resistência a penetração- Rp

Os dois sistemas de manejo PC e PD que apresentaram maiores valores de resistência a penetração em relação a savana não cultivada (Figuras 5 A e B).

Os tratamentos SMCM e SQCMh no PC apresentaram aumento da resistência a penetração na profundidade de 5 cm, o mesmo não ocorreu com estes tratamentos no plantio direto.

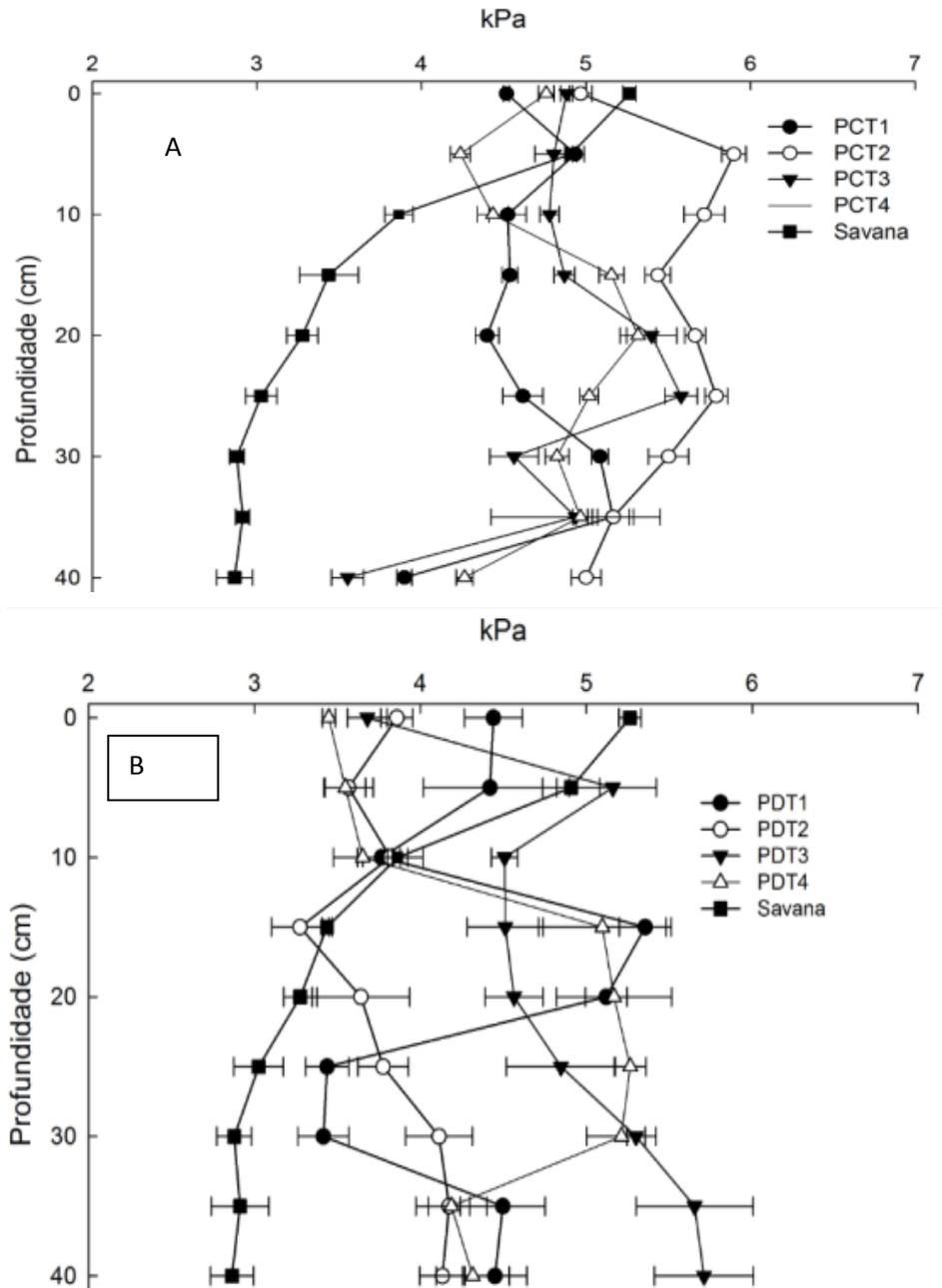


Figura 5 - Resistência a penetração em plantio convencional (A) e plantio direto (B) comparado com a savana não cultivada.

O aumento da resistência a penetração nas áreas cultivadas esta relacionada à redução dos macroporos e aumento dos microporos que resulta no aumento da densidade segundo Cunha; Vieira e Magalhães (2002); e conforme Pragana et al. (2011), SILVEIRA et al. 2010); Beltrame et al. (1981); Argenton et al. (2005) tem relação direta com o tipo de manejo adotado o qual afeta diretamente a umidade que está correlacionada com a coesão entre as partículas.

De acordo com a Tabela 16, a savana não cultivada apresentou maior teor de umidade em relação a todos os tratamentos, tanto no PC quanto no PD.

Tabela 16 - Percentual de umidade em diferentes tratamentos e camadas

Tratamento	Umidade(%)				
	0-5	5-10	10-20	20-40	
PC	SMCM	18,39 Ab ($\pm 1,45$)	20,72Ab ($\pm 5,62$)	21,76 Ab ($\pm 2,35$)	20,88 Ab ($\pm 2,56$)
	SQCMh	21,56 Aab ($\pm 2,79$)	23,19 Aab ($\pm 0,67$)	23,03 Ab ($\pm 1,06$)	21,36 Ab ($\pm 1,25$)
	SBMM	23,28 Aab ($\pm 1,52$)	24,72 Aab ($\pm 0,59$)	25,14 Aab ($\pm 0,08$)	23,17 Aab ($\pm 0,33$)
	SBCM	18,78 Ab ($\pm 2,59$)	22,02 Aab ($\pm 2,38$)	22,43 Ab ($\pm 1,09$)	21,54 Ab ($\pm 1,32$)
PD	SMCM	20,10Ab ($\pm 4,85$)	23,31Aab ($\pm 4,32$)	25,65Aab ($\pm 0,80$)	24,82Aab ($\pm 3,75$)
	SQCMh	24,97 Aab ($\pm 2,52$)	25,61 Aab ($\pm 1,76$)	24,84 Aab ($\pm 1,60$)	23,74 Aab ($\pm 2,28$)
	SBMM	27,62 Aa ($\pm 5,26$)	26,53 Aab ($\pm 2,66$)	27,23 Aab ($\pm 1,75$)	25,73 Aab ($\pm 1,11$)
	SBCM	23,17 Aab ($\pm 5,07$)	24,38 Aab ($\pm 4,01$)	25,30Aab ($\pm 4,26$)	24,31 Aab ($\pm 3,43$)
Savana SV	28,40 Aa ($\pm 2,91$)	28,94 Aa ($\pm 2,43$)	30,60 Aa ($\pm 1,00$)	29,31 Aa ($\pm 1,80$)	
CV %	13,84				

Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. \pm - Desvio padrão

5.7. Análise de componentes principais

Na Tabela 17, observam-se os valores próprios e a explicação da variância total para cada um dos componentes principais. Segundo Valadares et al. (2008), quando os dois primeiros componentes conseguem reter cumulativamente quantidade suficiente de informações da variabilidade total, contida no conjunto de variáveis originais, pode ser definido pelas duas novas variáveis (CP1 e CP2) o que possibilita sua localização em gráfico bidimensional conforme Tabela 17 e Figura 4.

O componente principal 1 (CP1) explica 73,2% da variância total e o componente principal 2 (CP2) explica o 12,4%, representando 86,0% da variância total acumulada. Segundo o critério de Cliff (1988), considera-se aceitáveis os componentes cujos valores próprios expliquem mais de 70% da variância total.

Tabela 17 - Valores próprios e proporção da variância, dos atributos físicos e químicos dos sistemas, explicada mediante análises de componentes principais.

Componentes principais	Valores próprios	Proporção da variância total	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
1	12,44	0,73	0,73
2	2,11	0,12	0,86
3	1,07	0,06	0,92
4	0,65	0,04	0,96
5	0,28	0,02	0,97
6	0,19	0,01	0,98
7	0,11	0,01	0,99
8	0,05	0,00	0,99
9	0,04	0,00	1,00
10	0,03	0,00	1,00

Na Tabela 18 está expressa a correlação das variáveis originais sobre cada componente principal, onde as cargas (positivas ou negativas) indicam o peso ou o grau de contribuição de cada variável associada ao componente (FERREIRA, 1987).

Tabela 18 - Matriz de correlações das variáveis originais próprias e dos componentes principais dos atributos físicos e químicos dos solos sob os sistemas de plantio direto, convencional e vegetação natural de savana.

Variáveis	Componente	
	1	2
Ds	0,54	-0,25
DMP	0,75	0,21
DMG	0,73	0,54
P	0,88	0,13
K	0,90	0,28
Ca	0,99	-0,04
Mg	0,98	-0,1
Al	-0,67	0,64
H+Al	-0,74	0,48
CTC_T	0,91	0,28
SB	0,99	-0,05
M	-0,66	0,66
V	0,94	-0,28
MO	0,93	0,33
N	0,92	0,3
CO	0,93	0,33
pH_H ₂ O	0,92	-0,28
% Variância	73,2	12,4
% Variância acumulada	73,2	86,0
Correlação=	0,988	

As tabelas 17, 18 e figura 6 mostra os resultados evidenciando uma alta correlação significativa ($r \geq 0,88$) entre os atributos químicos de P, K, Ca, Mg, SB, V, MO, N, CO e pH_H₂O associados positivamente aos atributos físicos de Ds (0,54), DMP (0,75) e DMG (0,73) no CP1. Os mesmos que evidenciam correlação negativa aos atributos químicos responsáveis pela acidez dos solos como Al (-0,67), H+Al (-0,74) e M (-0,66) todas elas associadas ao componente principal 1 (CP1). O CP2 correlaciona significativamente às variáveis Al (0,64) e m (0,66) com o atributo físico DMG (0,54), explicando o 12,4% da variação total. A matriz de correlação das variáveis originais revela um percentual de 98,8% de significância entre as variáveis analisadas dentro dos dois componentes (CP1 e CP2).

Esses resultados demonstram a dinâmica do solo sob condições de diferentes manejos, adubações e calagem em quatro diferentes profundidades, onde o conteúdo dos cátions trocáveis está relacionado com ao conteúdo de MO. Além disso, evidencia-se melhora nos atributos físicos dos solos, principalmente nas

grupos formados nos diferentes ambientes representados pelos sistemas de manejo (PC, PD e SV). Praticamente todos os atributos físicos e químicos dos solos dos ambientes cultivados correlacionaram-se positivamente dentro do CP1 (Tabela 18), nos sistemas de manejo convencional e direto nas camadas 1 (0-5 cm) e 2 (5-10 cm). Contrariamente aos solos da Savana nas suas quatro profundidades, mostrou correlação positivamente com os parâmetros químicos da acidez do solo (Al, H+Al e m), dentro do componente principal 2 (CP2), onde as camadas 3 (10-20 cm) e 4 (20-40 cm) dos sistemas cultivados em sistema convencional e direto assemelham-se aos solos da savana no que se refere aos atributos químicos e físicos (Figura 4).

De acordo com Valadares et al. (2008), quanto mais próximos forem os pontos, maior tenderão a similaridade, podendo ser então utilizadas como ferramentas no agrupamento de sistemas conforme o descrito por Gomide et al. (2011).

De acordo com a Figura 6 ficou demonstrado que a partir da camada 10-20 cm os dois sistemas de manejo não promoveram mudanças significativas nos atributos físico e químicos os quais passaram a aproximar-se da condição da savana (SN) fato que está relacionado a concentração de nutrientes nas duas primeiras camadas nos ambientes cultivados, PC e PD.

Gomide et al. (2011), estudando a qualidade do solo de ambientes antropizados com presença de voçorocas, verificaram, por meio da relação entre a componente principal 1 (CP1) e componente principal 2 (CP2) que houve nítida separação entre os ambientes estudados, demonstrando que o uso da análise multivariada por meio da avaliação de componentes principais, é uma ferramenta que pode ser utilizada no estudo da qualidade do solo.

6. CONCLUSÕES

Os diferentes sistemas de manejo e as rotações de culturas promoveram mudanças nos atributos com melhorias dos atributos químicos em relação a savana não cultivada até 20 cm de profundidade.

As rotações de cultura apresentaram comportamentos diferentes quanto ao aporte de CO, P, K, Ca, Mg, CTC, pH, SB, V, Al, m, H + A não havendo diferença nos teores de CO, P, K entre PC e PD.

A rotação de cultura formada pela sequência de Soja → braquiária → milho → milho → soja proporcionou maiores teores de Ca, P, e %V.

O Mg do solo foi afetado pelos três fatores isoladamente e pela interação entre rotação de cultura e manejo.

Os atributos físicos densidade, resistência a penetração e agregados foram alterados de maneira significativa em relação à savana não cultivada.

Por promover melhorias nos atributos químicos e físicos do solo sem o revolvimento o plantio direto é uma alternativa que merece ser estudada para as condições de savana de Roraima, uma vez que a redução na utilização de máquinas no preparo do solo resulta em redução de custos financeiros e custos ambientais.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:933-942, 1999.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:115-123, 2004.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do solo. Conceitos e aplicações**. Fortaleza. Imprensa universitária. 290p, 2008.

ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.3, p.563-567, 2001.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; LEANDRO DO PRADO WILDNER, L. P.. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:425-435, 2005.

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P.; Avaliação dos atributos físicos de um nitossolo vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:515-522, 2005.

BALZARINI, M; DI RIENZO, J. A. **InfogGen. Software estatístico para as análises de dados genéticos**. Versão 2012. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Endereço URL <http://www.info-gen.com.ar>

BARROS, L. DA S.; VALE JUNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G.R; JÚNIOR, M. M. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium* wild e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:447-454, 2009

BASSO, C. J.; REINERT, D. J. Variação da agregação induzida por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um solo Podzólico. **Ciência Rural**, 28:567-571, 1998.

BASTOS, R. S.; EDUARDO DE SÁ MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ, V. H. ; CORRÊA, M. M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:11-20, 2005

BENEDETTI, U. G; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:299-312, 2011.

BELLOTE A. F. J.; DEDECEK, R. A. Atributos físicos e químicos do solo e suas relações com o Crescimento e a Produtividade do *Pinus taeda*. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n.º 53, p 21-38, 2006. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/pos_graduação/teses/pdfs>. Acesso em: 25 de outubro de 2011.

BELTRAME, L.F.S.; GONDIN, L.A.P. & TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 5:145-149, 1981.

BRAGA, J. M.; YAMADA, T. **Uso eficiente de fertilizantes potássicos**. Simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira. Brasília, ANAIS, EMBRAPA/ANDA/POTAFOS, p291-321, 1985.

BURLE, M. L. **Efeito de sistemas de cultura em características químicas do solo**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 105p. (Dissertação de Mestrado). Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/>>. Acesso em: 29 de outubro de 2011.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na

superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F.; Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 24, núm. 1, 2000, pp. 161-169.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; G. BARTH, G; GARBUIO, F. J.; M. T. KUSMAN, M. T.. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:275-286, 2003

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A.. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1399-1407, 2008.

CAMPOS, R.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:383-391, 1999.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157, 2009.

CARPIM, L. K.; ASSIS, R. L.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R.; PEREIRA, V. C.; GOMES, G. V.; SILVA, A. G. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2813-2819, número especial, 2008.

CARVALHO, A. M. C.; BUSTAMANTE, M. M. C.; JUNIOR, J. G. A. S.; VIVALDI, L. J.. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2831-2838, 2008, Número Especial.

CARVALHO, J. L. N.; Avanzi, J. C.; Silva, M. L. N.; Mello, C. R. M.; Cerri, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revisão de literatura. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:277-289, 2010

CASALINHO, H. D; MARTINS, S. R.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v.13, n.2, p.195-203, 2007.

CASSOL, L. C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 157p. (Tese de Doutorado), 2003.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:527-538, 1998.

CERRI, C. E. P.; GALDOS, M. V.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C. C. Modelagem da dinâmica da matéria orgânica do solo Modelagem em Ciência do Solo. **BOLETIM INFORMATIVO - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Volume 31 - Número 2, 2006.

CLIFF, N. The eigenvalues-greater-than one rule and the reability of components. **Psychological Bulletin**. 103(2): 276-279. 1988.

COGO, N. P. Indicadores de qualidade do solo: Uma abordagem conceitual e ilustrativa com ênfase nos aspectos de erosão hídrica e de mecanização tratorizada. **Anais (CD-ROM)**. 29º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Solo: Alicerce dos Sistemas de Produção. Ribeirão Preto-SP, 2003.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:323-332, 2008.

COSTA, M. S. S. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F.; COSTA, L. A. M.; CASTOLDI, G.; GOBBI, F. C. Atributos químicos do solo sob plantio direto afetado por sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.4, p.579-587, 2011.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. DA S; BICUDO, S. J; SANTOS, J. R; ALBUQUERQUE, A. W; MACHADO, C. G. Consórcio de milho e *Brachiaria decumbens* em diferentes preparos de solo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 4, p. 633-639, 2009.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; FERREIRA, E. P. B; MOREIRA, J. A.; LEANDRO, W. M. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1021–1029, Campina Grande-PB, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C..Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v.10, n.1-4, 2002.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, fev. 2004.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.51, n.1, p.71-79, 1999.

DIEHL, R. C.; MIYAZAWA, M.; HIDEAKI WILSON TAKAHASHI, H. W. Compostos orgânicos hidrossolúveis de resíduos vegetais e seus efeitos nos atributos químicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2653-2659, Número Especial, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Potencialidades dos Cerrados de Roraima para produção de grãos.** Brasília, EMBRAPA. 1997, 45p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos.** Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 2 ed., 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro: Cenários 2002-2012.** EMBRAPA, Secretaria de Gestão e Estratégia. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 92 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª edição. Brasília-DF, 2006

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo de soja no cerrado de Roraima.** Boa Vista: EMBRAPA Roraima, Sistemas de Produção, nº 1, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2012 e 2013.** Londrina: EMBRAPA Soja, sistemas de Produção, nº 15, 2011.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; CAMPOS, M.L. & CAMILLO, R.J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:537-544, 2000.

FABIAN., A. J. **Plantas de cobertura:efeitos nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação.** Tese de doutorado. Universidade Estadual a Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, SP. 2009.

FAVARETTO, N.; COGO, N. P.; BERTOL, OROMAR. J.. Degradação do solo por erosão e compactação. In: **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo.** LIMA, M.; SIRTOLI, A. E. UFPR, Curitiba, 2006.

FERREIRA, D. F. **SISVAR, Versão 5.3 (Build 74) DEX/UFLA**. Universidade Federal de Lavras, 2007.

FERREIRA, P. Análisis multivariada aplicada a problemas de clasificación y tipificación. In: **Taller sobre aplicaciones del análisis multivariado**. Instituto de Educación continuada (IDEC). 1987. Antigua. 12 p.

FIDELIS, R. R.; ROCHA, R. N. C.; LEITE, U. T.; TANCREDI, F. D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p 23 – 31, 2003.

FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2385-2396, 2008.

FRANCHINI, J. C.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Redistribution of Phosphorus in Soil Through Cover Crop Roots. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Vol.47, n. 3 : pp. 381-386, 2004.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J.C.; DESUÓ, I. C. Atributos físicos e químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar próximo a fragmento nativo. **HOLOS Environment**, v. 11 n.2, 2011- p.139.

GATIBONI, L. C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J. P. C.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. K. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, mar-abr, 2003.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:691-699, 2007.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R.F.S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de LAVRAS – MG **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35, 2011.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:307-313, 1999.

GUARIZ, H. R.; PICOLI, S.M. H.; CAMPANHARO, W. A.; CECÍLIO, R. A. Variação da Umidade e da Densidade do Solo sob Diferentes Coberturas Vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Vol. 4 No. 2, 2009.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; ADRIANO PERIN, A. Deposição de Resíduos Vegetais, Matéria Orgânica Leve, Estoques de Carbono e Nitrogênio e Fósforo Remanescente Sob Diferentes Sistemas de Manejo no Cerrado Goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:909-920, 2012.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia. Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3 ed. Editora UFRGS. Porto Alegre. 2005. 653 p.

HERNANI, I. C. Perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão: dez anos de pesquisa. Embrapa, agropecuária oeste. **Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção Sistema Plantio Direto**, 2 Dourados. MS. 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo agropecuário Roraima**. 2011. Disponível em :<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2012.

INDA, A. V.; TORRENT, J; BARRÓN, V.; BAYER, C. Aluminum hydroxy-interlayered minerals and chemical properties of a subtropical brazilian oxisol under no-tillage and conventional tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:33-41, 2010.

KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:573-580, 2005.

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. **A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality**. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C. BEZDICEK, D.F.;

STEWART, B.A. (EDS.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1994. P.53-71.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. **Opções de integração lavoura – pecuária.** In KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura – Pecuária.** Santo Antônio de Goiás, EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br/>> Acesso em: 25 de Outubro de 2011.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MURAISHI, C. T.; BUZETTI, S.; MASCARENHAS, H. A. A. Aplicação de calcário e culturas de cobertura na implantação do sistema plantio direto em cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: Número Especial, 2008.

LEITE, G. H. M. N.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; COGO, N. P. Atributos químicos e perfil de enraizamento de milho influenciados pela calagem em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:685-693, 2006.

LEITE, L. F. C.; SANDRA R. S. GALVÃO, S. R. S.; NETO, M. R. H.; ARAÚJO, F. S.; IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.12, p.1273–1280, Campina Grande, 2010.

LIMA, M. R.; SIRTOLI, A. E. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos técnicos e metodológicos.** Curitiba: UFPR, Setor de ciências agrárias. 2006. 341p.

LIMA, M. R.; SIRTOLI, A. E. **Diagnóstico e recomendação de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos.** UFPR. Curitiba, 2006. 341p.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. da; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v36, RS-55. 2012.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo. **Apostila. ANDA. Associação Nacional para difusão de adubos.** Disponível em: www.anda.org.br

MACHADO, M. A. M.; FAVARETTO, N. Atributos físicos do solo relacionados ao manejo e conservação dos solos in: LIMA, M. R; SIRTOLI, A. E. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo. Aspectos teóricos e metodológicos.** Org. UFPR, 2006.

MACHADO, P. L. O. A.. Manejo da matéria orgânica de solos tropicais. abrangência e limitações. **Embrapa solos. 20p Documentos.** Rio de Janeiro. 2001. Documentos 24.

MAIA, C. E. Índices para avaliação da qualidade física de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1959-1965, 2011

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I.. Atributos físicos de um argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:163-170, 2006.

MARQUES, R. Caracterização química da fertilidade do solo. In: Lima, M. R; SIRTOLI, A. E. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo:** Aspectos teóricos e metodológicos. Cp VI. Curitiba: UFPR, 2006. 341p.

MATIAS, S. S. R.; BORBA, J. A.; TICELLI, M. T.;4, PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciencia Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 331-338, jul-set, 2009.

MELO, A. V; JÚNIOR, J. P. O; MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; CORRECHEL, V.; BARBOSA, K. A. Influência de diferentes coberturas vegetais isoladas e consorciadas com o algodoeiro na estabilidade de agregados de um solo em Goiânia, GO. **Anais.** V Congresso Brasileiro de Algodão. Goiania-GO, 2005.

MELLO, N. A. **Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos, e exportação de carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo. 2006. 273P.** Tese (doutorado em ciência do solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/>>. Acesso em: 29 de outubro de 2011.

MELO, V. F.; GIANLUPPI, D.; UCHÔA, S. C. P. **Características edafológicas dos solos do estado de Roraima**. DSI/UFRR. Boa Vista. 2004. 46p.

MELO, V.F. SHAEFER, C.E.R.; FONTES, L.E.F.; CHAGAS, A.C.; LEMOS JÚNIOR, J.B.; ANDRADE, R.P. Caracterização Física, Química e Mineralógica de Solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob Diferentes Usos e após Queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:1039-1050, 2006.

MELO, V. F. **Solos e indicadores de uso agrícolas na colônia agrícola em Roraima: Áreas indígena Maloca do Flechal e de Colonização do Apiaú**. Viçosa, UFV. 2002, 145p. (Tese de Doutorado).

MELO, V. F.; VALE JÚNIOR, J. F do; UCHÔA, S. C. P.. Uso e manejo do solo sob savana in: **Solos sob savanas de Roraima. Gênese, classificação e relações ambientais**. Gráfica Ioris, 2010. 219p.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 34 (3): 173-180, 2004.

MIKHA, M.M.; RICE, C.W. Tillage and Manure Effects on Soil and Aggregate-Associated Carbon and Nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. Journal*. 68:809-816, 2004.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Evaluation of plant residues on the mobility of surface applied lime. **Brazilian archives of biology and technology**. V.45, n.3, 2002.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24 Juiz de Fora 2010.

MORAES, M. F.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A; COSCIONE, A. R. Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário, ácido orgânico e material vegetal em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:673-684, 2007

MUZZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: A experiência no Estado do Parana. **Informações agronômicas**, nº 100, dezembro 2002.

NETO, A. N.; SILVEIRA, P. M.; LUÍS FERNANDO STONE, L. F.; LUIZ FERNANDO COUTINHO DE OLIVEIRA, L. F. C. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 36 (1): 29-35, 2006.

NICOLOSO, R. S; LOVATO, T; AMADO, T. J. C.; CIMÉLIO BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2425-2433, 2008.

NOLLA, A; ANGHINONI, I. Atividade e especiação química na solução afetadas pela adição de fósforo em latossolo sob plantio direto em diferentes condições de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:955-963, 2006.

NUNES, R. DE S.; SOUSA, D. M.O GOMES DE; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação. fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:877-888, 2011.

OLIVEIRA, T. S. **Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre propriedades físicas e químicas de quatro Latossolos brasileiros**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1992. 102p. (Tese de Mestrado)

OLIVEIRA, L. C. A. **Comportamento de colóides e microagregados em colunas de materiais de dois Latossolos submetidos a sucessivos ciclos de umedecimento e secagem**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 63p. (Tese de Mestrado).

OLIVEIRA JUNIOR, J. O. L.; COSTA, P. da; MOURÃO JÚNIOR, M. Agricultura familiar nos lavrados de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; COSTA e SOUZA, J. M. **Savanas de Roraima – Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidade Agrossilvipastoris**. FEMACT. Boa Vista, 2005.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; SERRAT, B. M.; FAVARETTO, N.; ANJOS, A. Atributos químicos de um latossolo bruno sob Sistema plantio direto em função da

estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:581-590, 2009.

PAVINATO, P. S. **Dinâmica do fósforo no solo em função do manejo e da presença de resíduos em superfície**. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2007. 145p. (Tese de Doutorado).

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:911-920, 2008.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1031-1040, 2009.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R.. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.508-514, maio 2010.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:885, 2001.

PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; NETO, L. M. **Dinâmica da Matéria Orgânica no Ambiente**. EMBRAPA. Documentos 105. Pelotas, RS, 2002.

PRAGANA, R. B.; NÓBREGA, J. C. A.; MARTINS, R. N. L. Efeito do plantio direto sobre a resistência à penetração de latossolos amarelos na região do cerrado piauiense. **Anais**. XXXIII Congresso brasileiro da ciência do solo. Solos nos biomas brasileiros: **Sustentabilidade e mudanças climáticas**. Uberlândia-MG, 2011.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:713-721, 1998.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, J. E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:797-805, 2000.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.

ROSOLEM, C.A.; SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S. & CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 41:1033-1040, 2006.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S; GARCIA, R. A. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milho após a dessecação química. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1169-1175, ago. 2007.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A.C. **Qualidade do solo: Uma visão holística**. Boletim Informativo. SBCS, 27:15-18, 2002.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SILVIO TULLIO SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 4, p. 719-727, 2009.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C; KAMINSKII, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, n.2, mar-abr, 2008.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A. C.; SCOPEL, E.; BELOT, J. L.; MARTIN, J. Da agricultura destruidora com o preparo do solo para a agricultura sustentável e diversificada em plantio direto. *In*: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A. da; AGNES, E. L. **Manejo Integrado: Integração Agricultura – Pecuária**. Viçosa, 2004.

SENA, M. M.; E RONEI J. POPPI, R. J.; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.. Avaliação do uso de métodos quimiométricos em análise de solos. **Química nova**, 23(4), 2000.

SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análises de solos, *in*: **Diagnósticos e recomendações de manejo do solo. Aspectos teóricos e metodológicos**. LIMA, M. R.; SIRTOLI, A. E. et al. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:311-317, 1998.

SILVA, G.F.; ERASMO, E.A.L.; SARMENTO, R.A.; SANTOS, A.R. & AGUIAR, R.W.S. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milho (*Pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, 19:31-34, 2003.

SILVA, M.A. S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, A.; ROSA, J.D.; BAYER, C.; MIELNIZUCK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 30:p.329-337, 2006.

SILVA, R. F.; BORGES, C. D.; GARIB, D. M.; MERCANTE, F. M. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2435-2441, 2008.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.. Efeito da calagem superficial em plantio direto na concentração de cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 32:1199-1207, 2008.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; JÚNIOR, J. A.; SILVA, J. G. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 53-59, July/Sept, 2008.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, jul./set. 2010.

SMIDERLE, O. J. GIANLUPPI, V., MEDEIROS, R. D. **Plantas para Cobertura de Solo no Sistema de Plantio Direto em Cerrado de Roraima: Milheto**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. 6p. (Comunicado Técnico, 11).

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, V. **O desafio de produzir palha em Roraima**. Agronline, 2005. Disponível em: <<http://www.agroline.com.br/artigos/artigo.php>>. Acesso em 20 de out de 2011.

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, V.; VILARINHO, A. A. **Resultados de Pesquisa com Genótipos de Soja em Boa Vista, Roraima 2006 e Relato do Cultivo**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 22 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 05). Disponível em: <<http://www.Cpafrf.embrapa.br/Embrapa/index/publicações>>. Acesso em: 10 de novembro, 2011.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A.; ÁVILA, A. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.1079-1093, 2009.

STEINER, F; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. ; COSTA , M. S. S. DE M.; COSTA, L. A. DE M. Carbono orgânico e carbono residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.401-408, 2011.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:675-688, 2008.

TAVARES, E. D.; SIQUEIRA, E. R de; SILVA, M. A. S. Agricultura e uso sustentável dos recursos naturais. In: **Agricultura tropical Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. ALBUQUERQUE, A. C.S; SILVA, A. G.. V. 2, utilização sustentável dos recursos naturais. EMBRAPA. Embrapa informação tecnológica. Brasília, DF. 2008.

TEIXEIRA, I. R.; SOUZA, C. M.; ALUÍZIO BORÉM, A.; SILVA, G. F. Variação dos valores de ph e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em argissolo vermelho-amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.119-126, 2003.

TIECHER, T. **Dinâmica do fósforo em solo muito argiloso sob diferentes preparos de solo e culturas de inverno**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de ciências rurais. Programa de pós-graduação em ciência do solo. Santa Maria, RS, Brasil. 2011.

TOKURA, A. M.; NETO, A. E. F.; CURI, N.; FAQUIN, V.; CARLOS HISSAO KURIHARA, C. H.; ALOVISI, A. A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1467-1476, out. 2002.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1609-1618, 200.

UCHOA, S. C. P; ALVES, J. M. A; CRAVO, M. S.; SILVA, A. J; MELO, V. F.; FERREIRA, G. B; FERREIRA, M. M. M. Fertilidade do solo in: **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. ZILLI, J. E; VILARINHO, A. A; ALVES, J. M. A. editores. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2009. P. 131- 186.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA. Resultado de análises físicas. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo de pesquisas agrícolas. Boa Vista, RR. Janeiro de 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA- Resultado de análises químicas. Departamento de solos. Laboratório de solos. Viçosa, MG. Dezembro de 2012.

VALADÃO, F. C. A.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO, D. D.; JÚNIOR; SILVA, T. J. S. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista brasileira de ciência do solo**, 35:2073-2082, 2011.

VALLADARES, G. S.; GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C.B. S.; PEREIRA, M. G.;(5), ANJOS, L. H. C.; EBELING, A. G.; BENITES, V. M. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 285-296, 2008.

VALLADARES, G. S.; BATISTELLA, M.; PEREIRA, M. G.. Alterações ocorridas pelo manejo em Latossolo, Rondônia, Amazônia Brasileira. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.631-637, 2011.

VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e alterações dos solos sob manejo itinerante, em áreas de rochas vulcânicas ácidas e básicas, no nordeste de Roraima**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 185p. (Tese de Doutorado).

VASCONCELOS, R. F. B de; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. S de; COSTA, Y. D. J da; CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um latossolo amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana de açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34: 309-316, 2010.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:743-755, 2009

VIANA, J. H. M; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:11-19, 2004.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J. C. L Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.487-494, maio 2005.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A.; Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2297-2305, 2008.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:891-900, 2004

GLOSSÁRIO

ACP	Análise de componentes principais
CP1	Componente principal 1
CP2	Componente principal 2
pH	potencial hidrogeniônico
DMG	Diâmetro médio geométrico
DMP	Diâmetro médio ponderado
PD	Plantio direto
PC	Plantio convencional
SMCM	Rotação de cultura tratamento 1
SQCMH	Rotação de cultura tratamento 2
SBMM	Rotação de cultura tratamento 3
SBCM	Rotação de cultura tratamento 4
Sv	Savana
CO	Carbono orgânico
% m	% Saturação por alumínio
%V	% Saturação por bases
H + Al	Acidez potencial
CTC	Capacidade de troca de cátions
RP	Resistência a penetração